

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÁ**

**VÝVOJ METODIKY PRE SLEDOVANIE POVRCHOVEJ  
ŠTRUKTÚRY PRIADZE**

**(DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR  
DETECTING OF YARN STRUCTURE SURFACE)**

**Liberec 2007**

**EVA BARANCOVÁ**



## P r e h l á s e n i e

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušila autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením diplomovej práce v Univerzitnej knižnici TUL.

Bola som zoznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa úplne sťahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorskom, zejména § 60 (školské dielo).

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy o použití mojej diplomovej práce, a prehlasujem, že súhlasím s prípadným použitím mojej diplomovej práce (predaj, zapožičanie apod.)

Som si vedomá toho, že použiť svoju diplomovú prácu, či poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom TUL, ktorá ma odo mňa právo požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, vynaložených univerzitou na vytvorenie diela (až do ich skutočnej výšky).

V Liberci, dňa 14. 05. 2007

.....

Podpis

## **PodĎakovanie**

Rada by som na tomto mieste poĎakovala všetkým zamestnancom Katedry KTT a KTM, predovšetkým Prof. Ing. Bohuslav Neckářovi, DrSc. a Ing. Jane Nováčkovej za odborné vedenie, cenné rady a pomoc v priebehu celej práce.

PodĎakovanie patrí tak isto mojej rodine, ktorí mi boli po celú dobu štúdia veľkou morálnou a materiálnou oporou a mojím priateľom, ktorí mi nedovolili stáť na jednom mieste, ale vždy ma posunuli o krok vpred.

## **Abstrakt**

Táto práca sa zaoberá vytváraním novej metodiky merania uhlov sklonov povrchových vlákien v priadzi a teoretický model distribúcie vlákien na povrchu priadze.

V teoretickej časti je popísaná priadza, jej geometrické parametre a šrobovicový model, obrazová analýza.

V experimentálnej časti je postup vytvárania novej metodiky, vlastné meranie, odporúčania a možnosti ako postupovať ďalej.

## **Abstract**

The diploma thesis deals with making up of new angle measure method of inclination a yarn surfaces and theoretical model of fibers distribution on yarn surface.

A theoretical part of the thesis describe yarn and its geometric parameters and image analyze.

The experimental part of thesis show process of new methodology making up, own measurement, recommendations and suggestions how to go on.

### **Kľúčové slová**

priadza, zákrut priadze, uhol vláken, obrazová analýza, model distribúcie vláken

### **Key words**

yarn, twist of yarn, angle of fibre, image analyze, model of fibers distribution

## OBSAH

<b>1 Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2 Teoretická časť.....</b>	<b>11</b>
2.1 Priadza.....	11
2.1.1 Základne parametre popisujúce priadzu.....	11
2.1.2 Princíp tvorby zakrútenej stužky.....	16
2.1.3 Princíp a model zvinovania stužky.....	18
2.1.4 Migrácia vlákien.....	20
2.1.5 Nová metóda merania zákrutu.....	22
2.2 Možnosti spracovania obrazu.....	23
2.2.1 Obrazová analýza.....	23
2.2.2 Obraz.....	24
2.2.2.1 Typy obrazu.....	24
2.2.3 Spracovanie obrazu.....	25
<b>3 Experimentálna časť.....</b>	<b>31</b>
3.1 Charakteristika použitej priadze.....	31
3.1.1 Priemer priadze.....	32
3.1.1.1 Objektívny odhad priemeru priadze.....	32
3.1.1.2 Hustotný a krycí priemer.....	33
3.1.2 Zákrut priadze.....	33
3.2 Vytvorenie pozdĺžneho pohľadu priadze.....	34
3.2.1. Výber mikroskopu.....	34
3.2.2. Voľba hodnoty zväčšenia.....	35
3.2.3 Tvorba preparátu.....	36
3.3 Spôsoby merania uhlov sklonu povrchových vlákien.....	36
3.3.1 Subjektívne meranie.....	36
3.3.1.1 Subjektívne meranie - bez osy priadze.....	37
3.3.1.2 Subjektívne meranie - s osou priadze.....	37
3.3.2 Objektívne meranie.....	38
3.3.2.1 Algoritmus “výpočtu“ a skeletizácia.....	38
3.3.2.2. Objektívne meranie – bez osy priadze.....	40
3.3.2.3 Objektívne meranie – s osou priadze.....	40

3.3.2.3.1 Osa priadze.....	40
3.4 Vyhodnotenie a spracovanie nameraných hodnôt.....	41
3.4.1 Uhly sklonov povrchových vlákien na povrchu priadze.....	41
3.4.2 Teoretický model distribúcie smeru vlákien na povrchu priadze.....	46
3.4.2.1 Test symetrie histogramu.....	48
3.5 Korelácia hodnôt medzi objektívnym a subjektívnym meraním.....	50
3.6 Zhrnutie a výsledky novej metodiky.....	51
3.7 Návrh metodiky pre sledovanie povrchovej štruktúry priadze.....	52
3.8 Rotorová priadza.....	52
3.8 Odporúčania.....	53
<b>4 Záver.....</b>	<b>54</b>
<b>5 Použitá literatúra.....</b>	<b>56</b>
<b>Príloha</b>	



## Zoznam použitých symbolov

$a$	Phrixov zákrutový koeficient [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}$ ]
$d$	obecná hodnota priemeru priadze [mm]
$d_s$	substančný priemer priadze [mm]
$d_{ef}$	efektívny priemer priadze [mm]
$k_n$	koeficient počtu vlákien [-]
$k_s$	koeficient migrácie [-]
$l_p$	dĺžka úseku priadze [km]
$m_p$	hmotnosť úseku priadze dĺžky $l_p$ [g]
$n_r$	reálny počet vlákien v priereze priadze [-]
$r$	obecný polomer priadze [mm]
$S$	substanční prierez priadze [ $\text{mm}^2$ ]
$S_r$	reálna súčtová plocha vlákien v priereze priadze [ $\text{mm}^2$ ]
$T$	jemnosť priadze [tex]
$Z$	zákrut priadze [ $\text{m}^{-1}$ ]
$a$	Köchlinov zákrutový koeficient [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ]
$g$	hustota priadze [ $\text{kgm}^{-3}$ ]
$k$	intenzita zákrutu [-]
$t$	pomerná jemnosť priadze [-]
$e_0$	pomerné predĺženie [%]
$D_{\text{vyp}}$	vypočítaný priemer [ $\mu\text{m}$ ]
$D_{\text{od}}$	odhadnutý priemer [ $\mu\text{m}$ ]
$D_{\text{ef}}$	efektívny priemer [ $\mu\text{m}$ ]
$D_{\text{kr}}$	krycí priemer [ $\mu\text{m}$ ]
$D_{\text{hus}}$	hustotný priemer [ $\mu\text{m}$ ]
$\hat{x}$	modus
$a$	dolná hranica modálneho intervalu
$h$	šírka modálneho intervalu
$n_0$	četnosti modálneho intervalu
$n_{-1}$	četnosti predmodálneho intervalu
$n_{+1}$	četnosti pomodálneho intervalu

# 1 ÚVOD

Výroba textílií patrí k najstarším odborom ľudskej činnosti. Podľa archeologických nálezov vznikla v mladšej dobe kamenej a pretrvala až dodnes. Spôsob výroby, kvalita materiálu, nové technológie a použitie sa postupom času menili, ako aj požiadavky spotrebiteľov. Textília, ktorá v minulosti plnila funkciu ochrany ľudského tela, sa dnes v upravenej, alebo úplne novej podobe používa v rôznych priemyselných odvetviach. Rýchle napredovanie v oblasti textilného priemyslu donútilo vedcov sa hlbšie zamyslieť a preskúmať štruktúru textilných produktov a vytvárať nové metódy, ktoré tento proces urýchlia.

Diplomová práca sa zaoberá vývojom novej metodiky určovania uhlov sklonu povrchových vlákien na priadzi. Bol navrhnutý nový spôsob merania, ktorý doposiaľ nebol praxi použitý, preto táto práca môže byť použitá ako počiatok pre vývoj nových metód merania sklonu vlákien na povrchu priadze.

V teoretickej časti sú definované parametre popisujúce štruktúru priadze, spôsob zvinovania a zakrucovania vlákenej stužky, migrácia vlákien. Ďalej sú uvedené možnosti spracovania obrazu a ich aplikácie použité pri vlastnom experimente.

V experimentálnej časti je popísaný vývoj novej metodiky a vlastný priebeh merania u prstencovej priadze. Výsledky uhlov sklonu povrchových vlákien získané z novej metódy boli porovnané s hodnotami subjektívne nameraných uhlov. Snahou bolo prísť na nový spôsob, ktorý by nahradil doposiaľ používané ručné meranie.

V závere sú porovnané výsledky medzi subjektívnym meraním a meraním bez prispenia človeka. Popisuje problémy, ktoré sa vyskytli v priebehu experimentu a poukazuje na možné príčiny, ktoré by mohli ovplyvniť výsledky merania.

## 2 TEORETICKÁ ČASŤ

V teoretickej časti nájdeme vysvetlené pojmy a javy, ktoré, ktoré boli neskôr použité v experimentálnej časti.

### 2.1 Priadza

Priadza e dĺžková textília vytvorená zo spriadateľných vlákien a spevnenú zákrutom.

Štruktúra priadze je predurčená jej výrobou. Obecne predstavuje geometrické vlastnosti, údaje o fyzikálnych povahách, vyjadruje usporiadanie i vzájomné spolu pôsobenie vlákien v priadzi. Spôsob tvorby predurčuje štruktúru priadze, niekedy však ani zo znalosti tvorby priadze nejde dostatočne presne vysvetliť určitý štrukturálny fakt. V popise štruktúry priadze sa preto vyskytujú poznatky empirické aj experimentálne. Znalosť štruktúry priadze pomáha pri uplatňovaní v textilných výrobkoch.

Pre moju prácu bol dôležitým parametrom priadze orientácia vlákien. Šrobovicový trend vlákien, typický pre krútené priadze, vedie k vytvoreniu štruktúry, ktorá trecími silami stmeľuje vlákna do celku. Ak zoberieme iba povrchovú oblasť priadze, kde je nízke zaplnenie, ktoré odpovedá voľnej štruktúre je možný individuálny pohyb jednotlivých vlákien segmentu a samotných vlákien. Tento vplyv migrácie môže mať dopad pri určovaní uhlu sklonu povrchového vlákna.

Štruktúra priadze je popisovaná mnohými parametrami, ako ich uvádza [1], [2].

#### 2.1.1 Základné parametre popisujúce priadzu

V experimentálnej časti sú použité niektoré základné veličiny popisujúce priadzu, preto pre prehľad budú uvedené, aj keď sú obecne známe.

### **Jemnosť a substančný prierez priadze**

Jemnosť priadze je definovaná ako podiel hmotnosti úseku priadze  $m$  k jeho dĺžke  $l_p$  a tiež ju môžeme vyjadriť ako súčin hustoty vlákien  $r$  a súčtovej plochy všetkých vlákených rezov v priereze priadze, ktorá sa označuje ako substančný prierez  $S$

$$T = m_p / l_p = r S . \quad (1)$$

Pozn.: Bežne sa používa pre jemnosť jednotka tex, tj. hmotnosť úseku priadze  $m_p$ [g] ku jeho dĺžke  $l_p$  [km] [2].

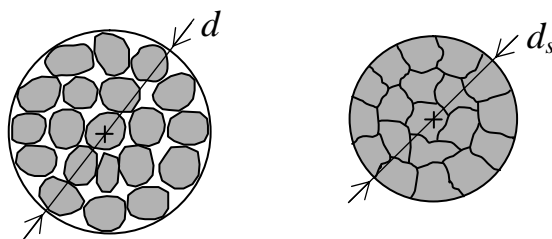
### **Priemer priadze**

Priemer priadze  $d$  je vždy dohodnutou hodnotou a býva nahradený priemerom valca v ktorom je sústredená prevažná časť vlákien. Medzi priemerom  $d$  a substančným priemerom  $d_s$  platí  $d_s < d$  (viz obr. 1) a platí vzťah

$$m = d_s^2 / d^2 = 4S / (pd^2) = 4T / pd^2 r \quad (2)$$

Priemer priadze nie je jednoznačne definovaný, ale existuje niekoľko metód, ktoré ho umožňujú zmerať (napr: efektívny priemer priadze  $d_{ef}$  môžeme ho určiť ako hodnotu odpovedajúcu priemernému radiálnemu zaplneniu 0,15 podľa IN 22-103-01/01, alebo hustotný priemer ako hodnotu odpovedajúcu 50% krivky zčernania podľa IN 22-108-01/01).

Radiálny priebeh zaplnenia sa často nahradzuje konštantným priebehom tj. efektívne zaplnenie  $m_{ef}$  vyjadrené ako podiel plochy vlákien v kruhu o efektívnom priemere  $d_{ef}$  k ploche tohto kruhu viz IN 22-103-01/01. Hodnota radiálneho zaplnenia 0,15 a 50% krivky zčernania sú zmluvné hodnoty [1], ktoré tvoria teoretickú hranicu medzi jadrom a obalom priadze [2].



Obr. 1: Priemer priadze  $d$  a substančný priemer priadze  $d_s$  [2]

**Zákrut a šrobovicový model priadze**

U pradených priadzí zaistí zákrut potrebnú súdržnosť jednotlivých vlákien a určuje tým rozhodujúcim spôsobom o neskoršej pevnosti priadze. Všeobecne zaistuje u všetkých typov priadzí zákrut lepšiu kompaktnosť a vyššiu súdržnosť priadzového telesa [15].

Zákrut je do vlákeneho útvaru vkladany krutným elementom (vretenom, rotorom), tým je vlákenny útvar spevňovaný a vzniká priadza.

Zákrut priadze Z udáva počet ovinov vzťahnutých na jednotkovú dĺžku priadze. Zákrut priadze súvisí s jemnosťou priadze, priemerom priadze a zaplnením (viz. Köchlinova hypotéza, Phrixova korekcia a komprimačná hypotéza uvedené v [1]).

Vlákná v priadzi sú zakrútené v smere šrobovice okolo osy nite. Často sa tiež používa označenie pravotočivý pre zákrut Z a ľavotočivý pre zákrut S (obr. 2).



Obr. 2: Označovanie smeru zákrutu [15]

Priadza má Z zákrut vtedy, ak tvoria vlákna zvisle držanej priadze vzostupnú pravotočivú šrobovicu zhodnú so strednou časťou písmena Z. Ak tvoria vlákna zvisle držanej priadze ľavotočivú šrobovicu zhodnú so strednou časťou písmena S, jedná sa o ľavý zákrut S.

Obecne platí, že jemnejšie priadze majú menší počet vlákien v priereze, menší priemer a sú pradené väčšinou s vyšším zákrutom. So zvyšujúcim sa zákrutom sú vlákna viacej stlačované, zaplnenie rastie a priemer sa znižuje.

S počtom zákrutov vzrastá trenie medzi vláknami a tým aj pevnosť. Po prekročení kritického zákrutu dochádza k prekrúteniu priadze, čo vedie k poklesu pevnosti. Slabo krútené priadze sú polotovarom pre výrobu pletenín, stredne krútené k výrobe tkanín a silno zakrútené sú určené k šitiu.

Exaktný popis štruktúry priadze z hľadiska usporiadania vlákien je veľmi zložitý, preto sa často užíva šrobovicový model priadze, ktorý vychádza z nasledujúcich predpokladov.

Priadza tvorí valec o priemere  $d$ , osy vlákien tvoria sústavu suosých šrobovic na obecných polomeroch  $r \in (0; d/2)$ . Vlákna sú valcové a ich prierezom je kruh o polomere  $d_e$  ploche  $s$ . Výška stúpania šrobovice je rovná  $1/Z$ . Medzi uhlom stúpania šrobovice  $b$  obecného vlákna a zákrutom  $Z$  (počet ovinov na jednotku dĺžky) platí vzťah (viz obr. 3)

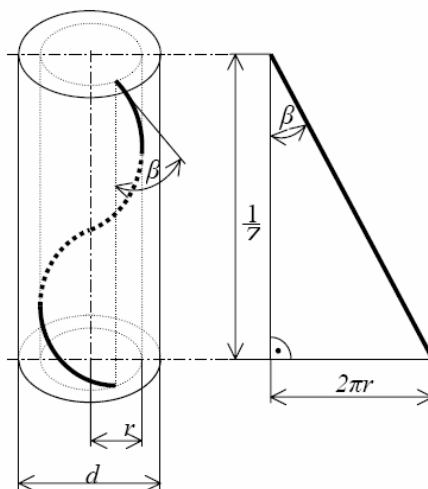
$$\operatorname{tg} b = 2prZ. \quad (3)$$

Válcové vlákno s trajektóriou šrobovice zanecháva v priečnom reze priadze (rez vedený kolmo k ose priadze) plochu  $s^*$  v tvare elipsy, pre ktorú platí vzťah

$$s^* = s / \cos b = s \sqrt{1 + (\operatorname{tg} b)^2} = s \sqrt{1 + (2prZ)^2}. \quad (4)$$

Súčet všetkých rezných plôch vlákien v priereze priadze odpovedá substančnému prierezu  $S$  (viz jemnosť a substančný priemer priadze).

V niektorých prípadoch sa využíva ideálny šrobovicový model, kde je v uvedenom priadzovom valci konštantné zaplnenie [2].



Obr. 3: Šrobovica- vlákna na obecnom polomere  $r$  [2]

### Intenzita zákrutu

Intenzita zákrutu  $k$  je tangentou uhlu  $b_d$  stúpania šrobovice povrchového vlákna v priadzi, ktoré sa nachádza na polomere  $d$ . Podľa vzťahu (3) pre  $2r = d$  je intenzita zákrutu daná vzťahom

$$k = \operatorname{tg} b_d = pdZ. \quad (5)$$

**Köchlinov a Phrixov zákrutový koeficient**

Pre Köchlinov zákrutový koeficient za užitia (2) a (5) platí vzťah

$$a = ZT^{1/2} = k\sqrt{mr}/\sqrt{4p}. \quad (6)$$

Phrixov zákrutový koeficient je popísaný vzťahom

$$a = ZT^{2/3} = aT^{1/6}. \quad (7)$$

Pozn.: Tieto zákrutové koeficienty sa bežne v praxi používajú ako konštanty závisiace na materiále, technológii a na ďalšom využití, zákrutovým koeficientom prísluša jednotky podľa nasledujúcich vzťahov

$$Z[m^{-1}] = a[m^{-1}k\text{tex}^{1/2}]100/T^{1/2}[\text{tex}], \quad (8)$$

$$Z[m^{-1}] = a[m^{-1}k\text{tex}^{2/3}]100/T^{2/3}[\text{tex}]. \quad (9)$$

Pre priadze sa spravidla užíva Phrixov zákrutový koeficient a Köchlinov zákrutový koeficient sa užíva pre hrubšie útvary napr.: pre predpriadze [2].

**Koeficient migrácie vlákien**

Veličina popisujúca usporiadanie vlákien v priadzi. Koeficient migrácie  $k_s$  porovnáva reálne usporiadanie do šrobovíc, je určený vzťahom

$$k_s = S_r/S, \quad (10)$$

kde  $S_r$  je reálna súčtová plocha vlákien v prierezu priadze a  $S$  je substančný prierez podľa modelu šrobovíc. Pokiaľ reálna priadza odpovedá šrobovicovému modelu (súčtová plocha  $S_r$  je zhodná so substančným prierezom  $S$ ) je veličina  $k_s$  rovná jednej.

Za predpokladu paralelného usporiadania vlákien v priadzi môžeme počet vlákien v prierezu priadze určiť podľa pomernej jemnosti  $t$ . Koeficient počtu vlákien  $k_n$  porovnáva reálny počet vlákien v priereze priadze  $n_r$  s počtom vlákien paralelného zväzku rovnakej jemnosti

$$k_n = n_r/t = n_r/(T/t) \quad (11)$$

Koeficient  $k_n$  je teoretický u krútených priadzi menší než jedna, pretože vlákna sú v priadzi vplyvom zákrutu sklonená vzhľadom k ose, vytínajú väčšie plochy a v priereze je ich menej [2].

### 2.1.2 Princíp tvorby zakrútenej priadze

Je dôležité sa zamyslieť nad všetkými možnými faktormi, ktoré ovplyvňujú uhly sklonov povrchových vlákien. Či je to už materiálové zloženie, počet udelených zákrutov, výsledné zaplnenie priadze, spôsob zakrucovania, migrácia vlákien atd.. Všetky tieto činitele majú vplyv na usporiadanie vlákien na povrchu priadze. Táto problematika je bližšie priblížená v nasledujúcej kapitole.

V pradiarenskom technologickom procese je vstupná surovina vlákenný materiál a výsledným produktom je priadza. Tvorba priadze je v najobecnejšom prípade zahrňuje celý proces pradenia. Z užšieho hľadiska do nej patria len vlastné pradenie a dopriadanie. V najužšom a používanom zmysle je tvorba priadze ústredným dielčim operačným procesom, v ktorom práve dochádza k definitívnemu sformovaniu a hlavne spevneniu vlákenného materiálu do podoby priadze. Je to vlastne dej zakrucovania. Vstupuje jeden, poprípade niekoľko súvislých pramienkov vlákien. Vzájomným pootáčaním ich prierezu sa dosahuje približne šrobovicového usporiadania vlákien, ktoré spôsobujú spevnenie útvaru, a tým vznik aj samotnej priadze [1].

V praxi sa používa niekoľko spôsobov zakrucovania, dôležité je aký spôsob je zvolený, účel použitia priadze, požadované vlastnosti výslednej priadze. Bližšia analýza dejov prebiehajúcich pri krútení je podrobnejšie popísaná v nasledujúcom odstavci.

#### Princípy zakrucovania

Celý dej tvorby priadze môže prebiehať v malom priestore, zahrňujúci iba veľmi krátky úsek dĺžky. Takýto princíp môžeme nazvať zakrucovaním **v bode**. Niekedy sa zakrucujú dlhé dĺžky pramienkov postupným vkladáním zákrutov. Jedná sa o zakrucovanie **v dĺžke**. Pri zhode osy pramienku s osou priadze je zakrucovanie **suosé**, ak sa mení smer os, je zakrucovanie **vyosené**. Suosé zakrucovanie sa delí ešte na varianty rotačne symetrickú a asymetrickú, vyosené zakrucovanie má varianty z viacej pramienkov a jedného pramienku. Tak vzniká znázornených osem variant zakrucovania (obr. 4) [1].



zakrucovanie	suosé		vyosené	
	symetrické	asymetrické	z viacej pramienukov	z jedného pramienku
v bode	1 	2 a) b) 	3 	4 
v dĺžke	5 	6 	7 	8 

Obr. 4: Princípy zakrucovania [1]

Varianta č.1 vychádza z valcového pramienku, ktorý sa v malom, kužeľovitom priestore zhusťuje a zakrucuje do formy priadze. Tento spôsob sa využíva na výrobu oceľových lán.

Varianta č. 2 uvažuje asymetrický pramienok, napr. vo forme sploštenej stužky. Jéj osovým zakrucovaním vzniká a) šrobovicové teleso s približne obdĺžnikovým prierezom, ktorý sa však ďalej formuje do valcovitého tvaru zakrútenej priadze. Alternatívou b) varianty je priamy prechod stužky do tvaru zakrútenej priadze. Tento spôsob zakrucovania odpovedá klasickým názorom na tvorbu priadze v zákrutovom trojuholníku na výstupe z preťahovacieho zariadenie vretenových dopriadacích strojov.

Varianta č. 3 vychádza zo zakrucovania dvoch, poprípade viacerých pramienukov dohromady. Klasické zakrucovanie priadze v zákrutovom trojuholníku je niekedy uvažované ako vzájomné zvlíjanie dvoch plochých stužíek.

Varianta č. 4 predpokladá zvinovanie najčastejšie plochého pramienku vlákien okolo osy budúcej priadze s bezprostredne nasledujúcim „utiahnutím“ do kompaktnej valcovej formy [1]. Ale tak tiež sa s týmto spôsobom zakrucovania môžeme stretnúť v zákrutovom trojuholníku na klasických dopriadacích a rotorových strojoch.

Varianta č. 5 je postupným zakrucovaním dlhého úseku valcového pramienku. Je to najstarší model, z ktorého tiež vyplynuli úvahy smerujúce ku Köchlinovmu zakrutovému koeficientu.

Varianta č. 6 uvažuje postupné zakrucovanie nesymetrického pramienku vláken. Môže byť tak isto uvažovaný v alternatíve osového zakrucovania stužky, v analógii k variante 1a) v tabuľke s obrázkami (obr. 4).

Varianta č. 7 je postupným zakrucovaním dvojice pramienkov na dlhej dĺžke. Ich technická realizácia nie je pri pradení používaná. Uplatňuje sa však pri ručnej výrobe povrazov, stlačených šnúrok a pod.

Varianta č. 8 vyjadruje zakrucovanie pramienku formou zvíjanej stužky v analógii k variante č. 4 [1].

Popísaných osem variant vystihuje typické situácie tvorby priadze zakrucovaním existuje tak isto možnosť spojených prechodov medzi variantmi 1, 2, 3, 4 a 5, 6, 7, 8.

### 2.1.3 Princíp a model zvinovania stužky

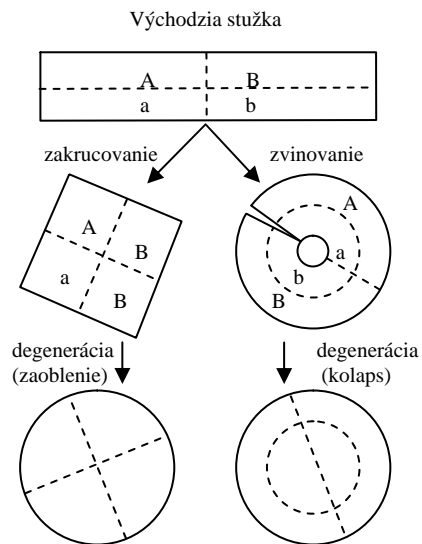
Pre lepšiu názornosť a pochopenie priebehu zvinutia a zakrútenia vlákeného materiálu do tvaru zvinutej stužky bol vytvorený ideálny model. Dôležité je si uvedomiť, že reálna priadza sa chová podobne, nie však identicky.

Základný pramienok vlákeného materiálu podrobený zakrucovanému procesu má často tvar pripomínajúci plochú stužku. Premena stužky do podoby konečnej priadze sa odlišuje od zakrucovania valca a svojím charakterom vystihuje varianty 2 či 4, prípadne 6 či 8 z tabuľky s obrázkami (obr. 4) v stati 2.1.2.

#### Zakrucovanie a zvinovanie

Obvykle sa používajú dve formy krútenia stužky – zakrucovanie, alebo zvinovanie. Prvé je zhodné s variantou 2, druhá s variantou 4 z kapitoly 2.1.2. názorná je tiež Hearleho schéma priečných rezou (obr. 5), kde je stužka pre zvýraznenie rozdelená na štyri časti A, B, a, b.

**Zakrucovanie stužky** je suosé a s výnimkou degenerácie jej tvaru zaoblením je v princípe podobné zakrucovaniu valca. Pozostatky pôvodnej stužkovej formy sa môžu objaviť vo výslednej priadzi ako určitá asymetria v reze.



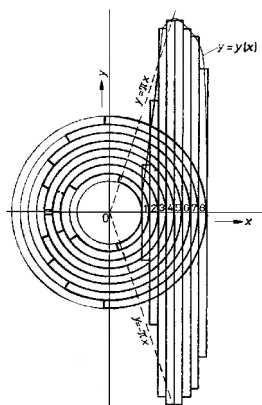
Obr. 5: Krútenie stužky [1]

Zvinovanie stužky je voči priadzi vyosené. V jeho prvej fázy sa prevažne ohybom tvorí útvar, pripomínajúci trubku s dutinkou v ose. Pritom jedna strana stužky -AB- kryje vonkajší povrch, za tým čo druhá strana -Ab- je obsiahnutá vnútri. Nasledujúce degeneratívne zmeny označovanej obvykle ako kolaps, spôsobujú zborenie vnútorných málo stabilných vrstiev a vyplnenie priestoru okolo osy. Väčší, či menší zbytok pôvodnej dutiny môže ostať zachovaný v priadzi a v jej konečnom tvare.

Závisí na rade faktorov, ktorý z oboch uvedených mechanizmov nastane. Vysoké priadne napätie vedie k zakrúteniu stužky, nízke napínacie sily dávajú v súlade s princípom minima energie presnosť zvinovaniu. Z podobných dôvodov inklinujú k zvinovaniu stužky veľmi plochej [1].

### **Profil stužky**

V prípade ideálneho stočenia všetkého možného materiálu stužky do tvaru valcovej trubky s dutinou a skutočnou polohou osy je výsledkom rady geometrických a silových faktorov.



Obr. 6: Stočenie profilu stužky, znázornené 8 vrstvami [1]

Profil stužky si môžeme pre názornosť predstaviť ako sústavu mnohých tenkých vrstiev; na schéme v obr. 6. Sú označené číslami 1 až 8. Stočenie môžeme potom zjednodušene považovať za nezávislý prechod jednotlivých vrstiev do valcovej formy. Ak zostanú geometrické rozmery vrstiev zachované, vznikne stočením profilu znázornený útvar niektorej vrstvy (1, 2, 5 až 8) v ňom nevyplňujú celý obvod im príslušného valca, iné (3, 4) svojou y-ovou dĺžkou veľkosti obvodu prekračujú. Pre vznik ideálnej formy dutej trubky musia byť preto východiskové y-ové dĺžky vrstiev upravené (stočené, alebo pretiahnuté) na úroveň príslušného obvodu. Polovičná y-ová dĺžka obecnej vrstvy na súradnici  $x$  je popísaná hodnotou  $y = y(x)$ . Po stočení do formy dutej trubky prejde  $y$  na dĺžku  $\pi x$  polovice obvodu obecnej vrstvy na polomere  $x$  je určené výrazom

$$(1 + e_0) = \pi x / y(x) \quad (12)$$

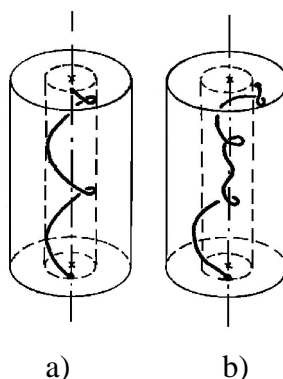
Deformácia  $e_0$  závislá prostredníctvom funkcie  $y(x)$  na tvaru profilu stužky ovplyvňuje napäťové pomery, tvorbu priadze a usporiadanie vlákien na povrchu priadze [1].

#### 2.1.4 Migrácia vlákien

Vlákná v priadzi (jednotlivých vrstvách) neostávajú natrvalo, ale pri zvinovaní a zakrucovaní sa medzi jednotlivými vrstvami pohybujú a dochádza k presunu a vzájomnému „prepletaniu“ jednotlivých vlákien a vďaka tomu je útvar samosvorný. Ak by sa tak nedialo, potom priadza vytvorená zo staplových vlákien by sa napr. musela rozpadnúť. Vďaka tomuto deju, vlákna, ktoré boli v strede priadze sa dostávajú na povrch, a vlákna z povrchu do prostred priadze [16].

Tým, že sa poloha vlákien mení, vlákna na povrchu nie sú v skutočnosti všetky povrchové, ale nájdu sa medzi nimi aj vlákna so stredom priadze. Tento fenomén v celkovom výsledku môže mať vplyv na uhol sklonu povrchových vlákien.

Jav migrácie je možno najobecnnejšie definovať ako odlišnosť priestorových kriviek reálnych vlákien od šrobovice (obr. 7)



Obr. 7: Krivka vlákna v priadzi [1]

a) nemigrujúce šrobovicové vlákno, b) migrujúce vlákno

Migráciou rozumieme zmeny vzdialeností elementov vlákien od osy priadze. Existenciou migrácie bola vypracovaná hypotéza o šrobovicovej a vrstvovitej štruktúre vlákna v priadzi. Fyzikálne vysvetlenie migrácie navrhol W. E. Morton. V dôsledku rozdielnej napjatosti vlákien sú povrchové vlákna v priadzi stlačované dovnútra a odtiaľ sú potom malo napnuté vlákna vytlačované k povrchu priadze. Podľa J. W. S Hearle je migrácia vlákien v priadzi výsledkom dvoch pôsobení. Prvé pôsobenie vyplýva zo zmenených rozdielností napätia vo vláknach a druhé závisí na počiatočnom zákrute predpriadze. Pri prstencovom dopriadaní je určujúce pôsobenie rozdielnosti napätia vo vláknach a táto je rýchlejšie superponovaná na pomalé migrácie, čo zrejme vyplýva z plášťového zákrutu.

Migrácie vlákien má vplyv na plstenie vlnených vlákien v priadzach, na vytvorenie žmolkov na povrchu textílie pri nosení, na omak, vzhľad, na sorpciu povrchových vrstiev priadze i textílie, na odolnosť oderu atď.

Rozsiahle a zaujímavé výskumy prevádzal Hamilton, a na ich základe predložil k rozlíšeniu faktory, ktoré majú vplyv na veľkosť a smer migrácie.

Rozlíšil tieto 3 faktory:

- I. *Faktory vlákna* – vzhľad vlákna, tvar priečného rezu vlákna, dĺžka vlákna a trenie vlákna, dĺžková hmotnosť vlákna, mechanické vlastnosti vlákna. Tieto faktory majú vplyv na smer migrácie.
- II. *Faktory priadze* – dĺžková hmotnosť priadze, zákrut priadze a podiel zmesovaných komponent. Tieto faktory ovplyvňujú veľkosť migrácie
- III. *Faktory technologické* – systém pradenia a správnosť nastavenia stroja. Tieto faktory tiež ovplyvňujú veľkosť migrácie [16].

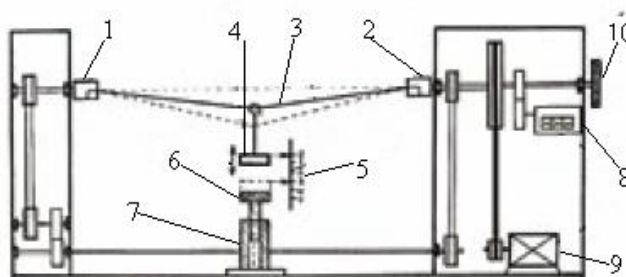
### 2.1.5 Nová metóda merania zákrutu priadze

Možnosť získania uhlu sklonu povrchových vlákien spočíva v jeho zmeraní, alebo výpočtom podľa vzťahu (5), kde je známy zákrut a priemer priadze. Bežne v praxi sa používa klasický spôsob merania zákrutu, ktorý udáva norma ČSN 80 0701.

Z. Czaplicki zverejnil na konferencii *Fibres and textiles in Eastern Europe* v Január/Marec 2006 [19] nový spôsob merania zákrutu priadze. Modifikácia spočíva v rozkrucovaní a zakrucovaní skúšaného vzorku obidvoch koncov priadze namiesto jedného. Pri testovaní novej metódy a prístroja sa dopracoval k presnejším výsledkom, ako získal na stroji Zweigle tradičnou metódou. Nová metóda však v praxi ešte nie je bežne používaná.

Spôsob merania prebieha nasledovným spôsobom: Priadza je upevnená v dvoch otočných svorkách otáčajúcimi sa v opačnom smere, takže skúšaný vzorok jeroztočený a zatočený od obidvoch koncov. Napätie skúšaného vzorku je zabezpečené vedením vzorku cez vodiace očko v jednom bode v strede dĺžky priadze, následkom ktorého má vzorok tvar lomenej čiary namiesto priamky (obr. 8). Dĺžka skúšaného vzorku je 250 mm, alebo 500mm. Rotačná rýchlosť roztočenia a zatočenia vzorku je nastaviteľná, počas merania však stála. Meranie zastaví automatický ovládač, ako náhle skúšaný vzorok dosiahne pôvodnú počiatočnú dĺžku. Systém taktiež zahŕňa prvky pre sledovanie napätia a prvky pre kontrolu predĺženia vzorku. Točivé svorky a centrálna aplikácia predpätia pomohli vylúčiť takzvané “lietanie” priadze v priebehu merania zákrutu vzorku. Týmto spôsobom bol odstránený nevhodný fenomén, nekontrolovaného

predĺženia skúšaného vzorku v priebehu rozmotávania a zamotávania. K účelom tejto metódy bol navrhnutý a vytvorený nový prístroj, nazvaný ako CZ/V 1 [17].



Obr. 8: Schéma obrázku používaného pre meranie zákrutu priadze novou metódou [19]; 1,2 – rotujúce zveráky, 3 – vzorok priadze, 4, 5, 6 – zariadenie napínajúce vzorok priadze v jeho strede, 7 – predĺžené meradlo, 8 – výstupné zariadenie, 9 – motor, 10 – ručne poháňané zveráky [17]

Podľa autora, nová metóda určenia zákrutu priadze odstraňuje nevýhody v súčasnosti používanej klasickej metódy.

## 2.2 Možnosti spracovania obrazu

Postupy obrazovej analýzy ponúka rada programov, od jednoduchších, ktoré umožňujú úpravu obrazu (Adobe Photoshop), až po veľmi zložité (Image Pro Plus, systém Lucie G).

Obrazová analýza sa v textilnom priemysle využíva k získaniu sklonu povrchových vlákien v priadzi, priemeru priadze, zrelosti bavlny, jemnosti vlákien z rezu, k migrácii vlákien v priadzi, rozmiestneniu vlákien v spojenom mieste [7, 8].

### 2.2.1 Obrazová analýza

V experimentálnej časti sa využíva obrazová analýza, preto v nasledujúcich kapitolách jej bude venovaná zvýšená pozornosť.

Obrazová analýza využíva disciplínu počítačové videnie, ktoré sa snaží technickými prostriedkami napodobniť ľudské videnie. Človek vníma zrakom asi 75 % informácií. Pri vyhodnocovaní vizuálnej informácie hrá obrovskú úlohu inteligencia človeka, ktorá umožňuje reprezentovať dlhodobu nadobúdané znalosti a skúsenosti o okolitom svete. Počítačové videnie sa snaží o riešenie analogických úloh. Teoreticky i technicky sú však zvládnuté len veľmi jednoduché problémy.

Postup spracovania a rozpoznávania obrazov reálneho sveta môžeme rozložiť do postupnosti niekoľkých základných krokov vedúcich k premene obrazu do číselnej podoby. Prvým krokom je **snímanie** a **digitalizácia** obrazu a jeho následné uloženie do počítača. Druhým krokom je **predspracovanie** obrazu, ktorého cieľom je potlačiť šum a skreslenie, ktoré vzniklo pri digitalizácii a prenose obrazu. Tretím krokom je **segmentácia**, ktorej cieľom je nájsť objekty v obraze. Za objekty sa považujú tie časti obrazov, ktoré nás z hľadiska ďalšieho spracovania obrazov zaujímajú. Štvrtým krokom je **popis nájdených objektov** v obraze. [12].

## 2.2.2 Obraz

Všeobecne je obraz chápaný ako fyziologický zrkový vjem. V našom prípade by sme si pod pojmom obraz mali predstaviť fotografiu. A však fotografia môže byť nahradená obrazom získaným priamo z mikroskopu.

Vstupom by mal byť obraz bez šumu, s ostrými kontúrami, s homogénnym osvetlením a v digitálnej podobe. Pri snímaní obrazu je dôležitým aspektom voľba citlivosti, skreslenie, intenzita odtieň a sýtosť [6]. Obraz je tvorený z pixlov. Pixel je označovaný za najmenšiu jednotku digitálnej rastrovej grafiky.

### 2.2.2.1 Typy obrazu

Rozlišujeme dva základne typy obrazu - binárny a farebný, šedé obrazy sú odvodené.



### **Binárny obraz**

Binárne obrazy majú dve možné hodnoty 0 a 1 pre objekty a štruktúry. Binárne obrazy sa tvoria pomocou prahovania a často o nich hovoríme ako o segmentovaných obrazoch. To znamená, že v prípade, kde sa zdôrazňuje ich väzba na pôvodný farebný obraz, z ktorého vznikne segmentáciou.

### **Farebný obraz**

Farebné obrazy sa skladajú z 3 zložiek R(red.), G(green), B(blue), ktoré predstavujú intenzitu červenej, modrej a zelenej zložky. Hodnoty pixlov sú pre každú zložku v intervale od 0 do 255. Je to najprirodzenejší typ obrazu snímaní digitalizačnou kartou.

### **Šedý obraz**

Šedé obrazy sú obrazy odvodené. Hodnoty pixlov sa menia od 0 do 255, ale sú v každom pixly identické pre všetky 3 zložky ( $R = G = B$ ). Šedé obrazy sa môžu vytvárať niekoľkými transformáciami, napr.: separáciou zložiek z RGB prezentácie. Pretože šedé obrazy sú špeciálnym prídavkom farebných obrazov, môžeme sa na ne odvolávať ako na obrazy farebné [13].

## **2.2.3 Spracovanie obrazu**

Samotné spracovanie obrazu sa skladá z niekoľkých krokov, ktoré nasledujú po sebe. Cieľom je spracovať obraz do požadovanej podoby a získať z neho čo najviac informácií v našom prípade o vláknach na povrchu priadze.

### **Snímanie a digitalizácia obrazu**

Snímanie je proces, pri ktorom sa prevádzajú vstupné optické veličiny na elektrický signál, ktorý je spojitý v čase a úrovni. Vstupnou informáciou môže byť jas napr. z televíznej kamery, scanneru, intenzita rentgenového žiarenia, ultrazvuk, tepelné žiarenie, výstup z konfokálneho mikroskopu a pod. Snímať sa môže v jednom, alebo viacej spektrálnych pásmach. Pre farebne snímanie stačia tri spektrálne zložky (červená má vlnovú dĺžku  $R - 700 \text{ nm}$ , zelená  $G - 546,1 \text{ nm}$ , Modrá  $B - 435,8 \text{ nm}$ ). Zmiešaním

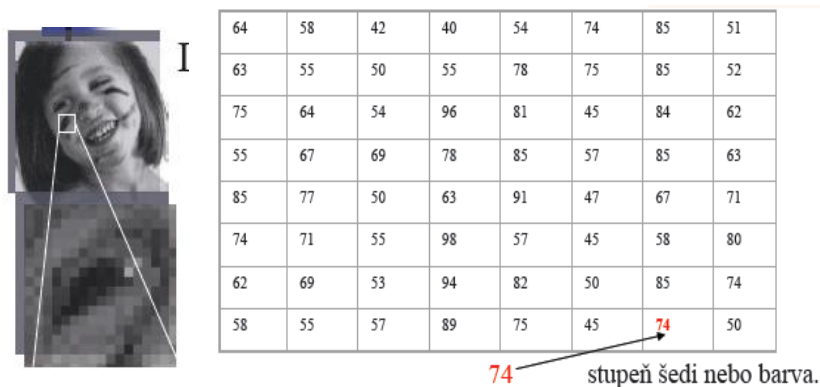
zložiek vzniká farebný obraz. Každá zložka sa digitalizuje, prenáša a prípadne spracováva počítačom samostatne [12].

### Digitalizácia

Digitalizáciou sa prevádza vstupný spojitý signál zodpovedajúci monochromatickému obrazu do diskrétného tvaru. Obraz je rozčlenený na presnú sieť štvorcových a obdĺžnikových oblastí, v ktorých je stanovená v prípade snímku z elektrónového mikroskopu priemerná hodnota šedi.

Digitalizácia spočíva vo **vzorkovaní** obrazu do matice  $M \times N$  bodov obrazu a v kvantovaní spojitej jasovej úrovne každej vzorky do  $K$  intervalov. Z hľadiska spracovania obrazu ide o ďalej nedeliteľnú jednotku [12]. Každý pixel (štvorec) v obrázku má priradenú hodnotu, ktorá určuje stupeň šedi, alebo farbu (obr. 9).

Vďaka kvantovaniu nadobúda jasová funkcia v digitalizovaných obrazoch celočíselné hodnoty. Čím jemnejšie je vzorkovanie (čím väčšie  $M$  a  $N$ ) a kvantovanie, tým lepšie je aproximovaný pôvodný obrazový signál. V podstate to znamená, čím vyšší počet pixlov, tým vyššia kvalita obrázku (obr. 10).



Obr. 9: Obrázok zapísaný ako pole [10]

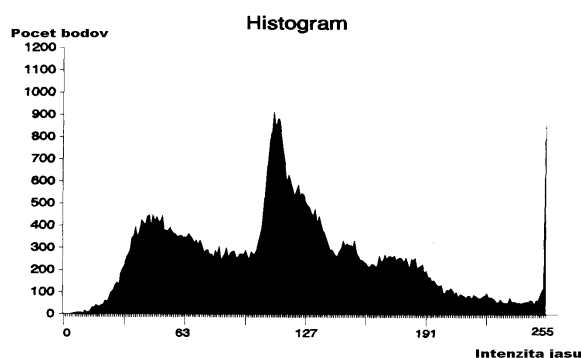


Obr. 10: Digitalizácia (obrazové rozlíšenie – počet pixlov) [10]

Ďalšou možnosťou ako získať predstavu o rozdelení jasových úrovní v digitálnom obraze je **histogram obrazu**.

Histogram sa často zobrazuje ako stĺpcový diagram (obr. 11). Veľmi často býva jedinou globálnou informáciou o obraze.

Určitému obrazu je priradený jeden histogram. Jednému histogramu však môže odpovedať viac obrazov. Napríklad pri zmene polohy objektu na pozadí s konštantným jasom sa histogram nemení. Histogram digitalizovaného obrazu má niekoľko lokálnych miním a maxím, ktoré môžu komplikovať jeho ďalšie spracovanie. Preto sa histogram jasu niekedy pred ďalším použitím vyhladzuje (obr. 14), aby sa potlačili jeho lokálne poruchy.



Obr. 11: Histogram obrazu [12]

### Segmentácia obrazu

Tretím, a asi najťažším krokom postupu spracovania obrazu je segmentácia, ktorá sa snaží v obraze nájsť objekty. Patrí k najzložitejším a najťažším krokom v celom postupe vedúcemu k analýze obsahu spracovaných obrazových hodnôt.

**Segmentácia** je proces, ktorý z obrazu vyčlení časti (objekty), ktoré sú podstatné pre ďalšie spracovanie

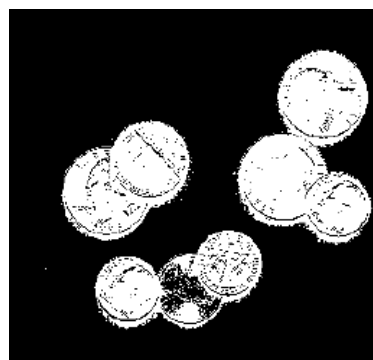
Snahou je rozčleniť obraz do časti, ktoré majú úzku súvislosť s predmetmi či oblasťami reálneho sveta zachyteného na obraze. Za objekty sa považujú tie časti obrazu, ktoré nás z hľadiska ďalšieho spracovania zaujímajú. Výsledkom má byť súbor vzájomne sa neprekrývajúcich oblastí, ktoré buď jednoznačne korešpondujú s objektmi vstupného obrazu, potom ide o **kompletnú segmentáciu**, alebo vytvorené segmenty nemusia priamo súhlasiť s objektmi obrazu a potom ide o **čiasťočnú segmentáciu**.

**Prahovanie** je najjednoduchším spôsobom segmentácie a zároveň patrí medzi najstaršie. Metoda prahovania je založená na predpoklade, že jasové hodnoty prvků obrazovej funkcie sú odlišné od pozadia (objekty „vystupujú“ z pozadia). Dôležitým krokom prahovania je nájsť vhodný **prah** (hodnota jasů), ktorý „oddelí“ objekty od pozadia. Výsledkom je binárny obraz (obr. 13). Prvky, obrazovej funkcie, ktoré patria objektom majú hodnotu 1 a tie, ktoré patria pozadiu majú hodnotu 0 [9].

Prahovanie je najpoužívannejšou a vzhľadom k výpočtovej nenáročnosti aj najrýchlejšou segmentačnou metódou.



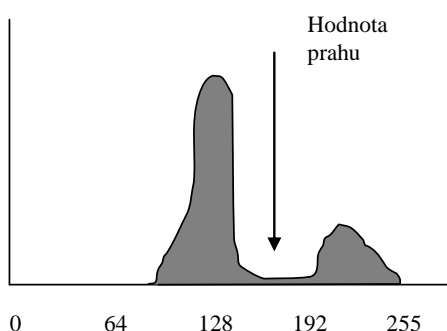
Obr. 12: Farebný obraz [10]



Obr. 13: Binárny obraz [10]

**Hľadanie prahu** sa najčastejšie prevádza analýzou histogramu (bimodálneho) (obr. 15). Postup je nasledovný:

- nájdenie dvoch lokálnych maxím vzdialených o určitý počet jasových úrovní
- nájdenie minima medzi týmito maximami, a overenie či je zhodné s hľadaným prahom
- overenie vierohodnosti získaného prahu (čím plochejší histogram, tým menej dôvery [12])



Obr. 14: Histogram (bimodálny) – hodnota prahu [12]

### Morfologické operácie

Ďalej sa využívajú základné transformácie matematickej morfológie – **erózia** spôsobujúca redukciu svetlých objektov v okolí hlavného objektu, alebo **dilatácia**, ktorá naopak spôsobuje rast objektu a zaplnenie dier. Ak sa spojí v poradí erózia a dilatácia dochádza k otvoreniu obrazu, a k zatvoreniu ak najskôr použijeme dilatáciu a potom eróziu. Pracuje sa s plochou, obvodom, povrchom atd., pretože sú presne dané ich hranice. V týchto krokoch sa digitálny záznam mení a zjednodušuje.

### Popis nájdených objektov

Posledným krokom je binárny a upravený obraz pomocou morfologických operácií previesť na súbor číselných charakteristík, s ktorými bude možné ďalej pracovať. Najčastejšie sa využíva matica.

**Matica** (obr. 15) je najbežnejšou dátovou štruktúrou pre reprezentáciu obrazu na nízkej úrovni abstrakcie. Prvky matice sú celé čísla, ktoré odpovedajú jas, alebo nejakej inej veličine v príslušnom bode vzorkovanej mriežky. Obrazové dáta bývajú priamo výstupom snímacieho zariadenia.

$$M_{M \times N} = \begin{bmatrix} (i_0, j_0) & \dots & (i_0, j_{M-1}) \\ \dots & \dots & \dots \\ (i_{N-1}, j_0) & \dots & (i_{N-1}, j_{M-1}) \end{bmatrix}$$

Obr. 15: Obrázok zapísaný pomocou matice [12]

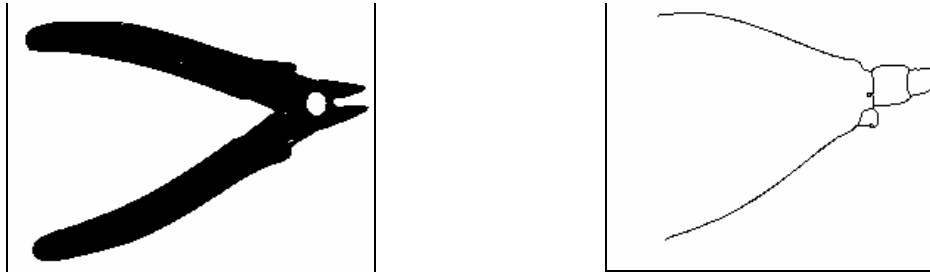
Matica šedotónového (gray-scale) obrazu pozostáva z  $M \times N$  bodov. Každý bod tejto matice reprezentuje úroveň jas (intenzitu) šedej farby,  $(i_x, j_y)$  sú súradnice bodu v matici (obraz). Matica binárneho obrazu pracuje s 0 (objekty) a 1 (pozadie).

Ďalšie možnosti ako previesť obraz na vhodný súbor s ktorým je ďalej možné pracovať sú pyramidálna prezentácia obrazu a prezentácia obrazu pomocou kvadrantových stromov [12].

### Skeletizácia

V experimentálnej časti pre získanie uhlov bola využitá ako hlavná morfologická operácia skeletizácia.

Príkaz skeletizácia je príkazom pokročilej morfológie, hlavne vytvára kostru binárneho obrazu (obr. 16). Kostra je súbor takých lomených čiar, ktorých body majú rovnakú vzdialenosť aspoň od dvoch hraničných bodov. Obsahujú lomenú čiaru o hrúbke jedného pixlu[7].



Obr. 16: Skeletizácia (kostra) objektu [7]

### 3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Vo vlastnom experimente boli použité snímky pozdĺžnych pohľadov prstencovej a rotorovej priadze.

Experiment pozostával z dvoch častí. V prvej časti sa pracovalo na metodike a vytvorení programu pre meranie uhlov sklonu povrchových vlákien na prstencovej priadzi. V druhej časti experimentu bola použitá rotorová priadza, úlohou bolo vyskúšať možnosť využitia novej metodiky.

Na obrázkoch boli zisťované hodnoty uhlov sklonu povrchových vlákien metódou subjektívnou (priame meranie, ručné) a objektívnou (bez prispenia človeka, program). Doposiaľ bola používaná subjektívna metóda merania, preto tieto výsledky boli požadované za smerodajné. Cieľom bolo nájsť vhodnú metódu, ktorá by sa so svojimi výslednými hodnotami čo najviac zhodovala s výsledkami z ručného merania a zákrutomeru. A však hneď na začiatku bolo potrebné si uvedomiť, že priadza nie je pravidelné geometrický útvar. Charakteristiky priadze boli získané experimentálnym meraním, a to znamená s určitou chybou, preto podobnosť výsledných hodnôt a tvarov grafov v konečnom porovnaní so subjektívneho a objektívneho merania bola nevyhnutná. V konečnom dôsledku by potvrdzovala, že nová metodika je správna.

Hodnoty po štatistickom spracovaní boli zaznamenané v tabuľkách a navzájom porovnané.

#### 3.1 Charakteristika použitej priadze

V prvej časti experimentu boli použité prstencové priadze z 100% polyesteru a 100% bavlny s rôznymi jemnosťami.

Parametre priadze sú uvedené pre bavlnu v tab. 1. a pre polyester v tab. 2. Hodnoty boli poskytnuté z databázy priadzí TUL.

V druhej časti experimentu bola použitá 100% polyesterová rotorová priadza. Ako je všeobecne známe, pri tvorbe rotorovej priadze sa na jej tele vytvárajú “ovinky” a tie znemožňujú zmerať zákrut priadze klasickým spôsobom. Nová metodika

získovania zákrutu umožnila zmerať uhol sklonu povrchových vlákien. Ak poznáme priemer priadze pomocou vzorca  $tg b_d = pDZ$  je možné dopočítať zákrut.

Tab. 1: Parametre priadze pre bavlnu a polyester

	bavlna				polyester		
menovitá jemnosť [tex]	24	16,5	20	25	24	29,5	20
skutočná jemnosť [tex]	24,9	15,92	19,27	24,9	27,4	29,5	20
jemnosť vlákien [tex]	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,154	0,154
efektívny priemer [mm]	0,205	0,186	0,201	/	0,209	0,262	0,194
zaplnenie [1]	0,4228	0,337	0,355	/	0,502	0,648	0,430
Zákrut [ $m^{-1}$ ]	738	972	748	738	692	600	568

### 3.1.1 Priemer priadze

Priemer priadze úzko súvisí s uhlom stúpania šrobovice  $b_d$  obecného vlákna a zákrutom  $Z$ . Napriek tomu, že priemer priadze bol poskytnutý z databázy TU v Liberci, bolo prevedené ešte raz nové meranie dvoma spôsobmi:

- objektívny odhad priemeru priadze
- priemer z chlpatosti priadze a krycí priemer

#### 3.1.1.1 Objektívny odhad priemeru priadze

Obrazy pozdĺžnych pohľadov boli nasnímané na priadzi v systéme obrazovej analýzy doporučeným postupom nastavenia parametrov podľa inertnej normy IN\_22-102-01/01 programom Nis Elementes. Získané obrázky boli spracované programom v Matlabe s využitím obrazovej analýzy[18].

Hodnoty priemeru priadze a konfidenčné intervaly sú zaznamenané v tabuľke č.2.



### 3.1.1.2 Hustotný a krycí priemer

Podľa normy IN\_22-102-01/01 bol stanovený postup merania priemeru priadze z pozdĺžnych pohľadov na priadzu s využitím softwaru obrazovej analýzy. Vstupné data metódy boli PC súbor pozdĺžnych pohľadov na priadzu vo forme binárneho obrazu.

Počet nasnímaných obrázkov bol pre každú priadzu 100. V skutočnosti by počet obrázkov mal byť 800, ale pre naše vyhodnotenie bol postačujúci počet 100.

V tab. 2 sú uvedené výsledky krycieho a hustotného priemeru priadze.

Tab. 2: Odhad priemeru priadze, krycí a hustotný priemer priadze

	T [tex]	D <sub>od</sub> [μm]	D <sub>kr</sub> [μm]	D <sub>hus</sub> [μm]
bavlna	16,5	165	177	165
	20	188	195	181
	24	200	205	200
	25	212	225	208
polyester	20	180	186	177
	24	203	214	201
	29,5	213	219	211

### 3.1.2 Zákrut priadze

Skúška spočívala v zakrucovaní a rozkrucovaní priadze až do okamžiku stanovenia počtu zákrutov podľa normy ČSN 80 0701. V tab. 3 nájdeme priemer a intervaly spoľahlivosti zákrutu pre polyesterovú a bavlnenú priadzu.

Tab.3: Zákrut priadze zistený pomocou zákrutomeru

polyester		bavlna	
jemnosť [tex]	priemer [z/1m]	jemnosť [tex]	priemer [z/1m]
29,5	623 (617; 630)	25	766 (758; 775)
24	691 (673; 708)	24	816 (811; 821)
20	642 (655; 649)	20	800 (794; 808)
/	/	16,5	878 (872; 885)

### 3.2 Vytvorenie pozdĺžneho pohľadu priadze

Pri procese vytvárania pozdĺžneho pohľadu priadze bolo potrebné zvážiť, aký druh mikroskopu a zväčšenia sa použije, a mnoho ďalších faktorov. Výber a dôvody, ktoré viedli k danému výberu sú zaznamenané a vysvetlené v nasledujúcich riadkoch.

#### 3.2.1 Výber mikroskopu

Ako prvé boli nasnímané obrázky priadzí na optickom mikroskope s kamerou pomocou systému obrazovej analýzy Lucia G pri zväčšení 40x, 100x, 200x. Bohužiaľ sa nepodarilo získať pozdĺžne pohľady priadze so zreteľne viditeľnými kontúrami vláken, a uhly sklonov vláken boli nerozoznatelné i po opakovanom snímaní, čiže pre experiment nevhodné (obr. 17). Najväčším problémom bolo nasvietenie vláken na povrchu priadze, ktoré bolo realizované pomocou vrchného osvetlenia.

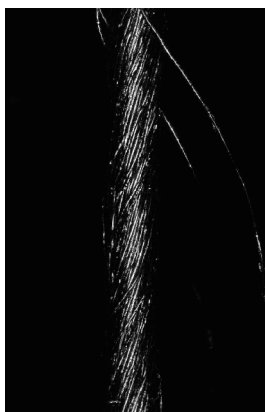
Ďalšie pokusy získať pozdĺžny pohľad priadze pokračovali na konfokálnom mikroskope. Na nasnímaných obrázkoch polyesterovej a bavlnenej priadze bolo vidieť kontúry vlákna (obr. 18), ale informácia o uhle sklonov povrchových vláken sa stratila, najmä u bavlny. Konfokálny mikroskop pri snímaní obrazu využíva laserový lúč, ktorý je pomocou šošovky nasmerovaný na preparát a ten má vyššiu odrazivosť u syntetických materiálov ako u prírodných. Nepomohlo ani iné zväčšenie obrazu. Cieľom metodiky bolo vytvoriť spôsob, ktorý urýchli a zjednoduší doposiaľ používané postupy. Pri práci s konfokálnym mikroskopom však nič nenasvedčovalo, že by sme sa mohli k tomuto cieľu dopracovať.

Po zvážení a doposiaľ získaných skúsenostiach, ako ďalší bol zvolený elektrónový rastrovací mikroskop VEGA – TESCAN, ktorý umožňuje vytvárať veľmi zreteľné obrazy mikroskopovaných predmetov i pri veľkom zväčšení. Elektrónový mikroskop je spojený s počítačom, ktorý výsledné obrazy ukladá v štandardných formátoch (\*.bmp, \*.jpg).

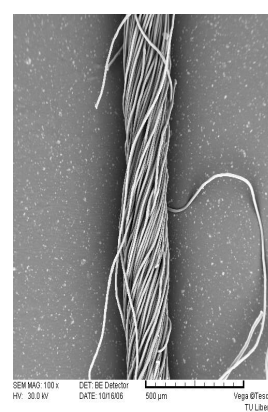
Tento výber sa ukázal ako najvhodnejší. Rozhodla kvalita obrazu (obr. 19) z rastrovacieho elektrónového mikroskopu



Obr. 17: Pozdĺžny pohľad  
priadze, optický  
mikroskop  
(zväčšenie 100x)



Obr. 18: Pozdĺžny pohľad  
priadze, konfokálny  
mikroskop  
(zväčšenie 100)



Obr. 19: Pozdĺžny pohľad  
priadze, elektrónový  
rastrovací mikroskop  
(zväčšenie 100)

Ďalšie obrázky z optického, konfokálneho a rastrovacieho mikroskopu s rôznym zväčšením sú v prílohe č.1.

### 3.2.2 Voľba hodnoty zväčšenia

Najskôr boli vytvorené pozdĺžne pohľady pri zväčšeniach: 100x, 150x, 200x, 300x (príloha č.1).

Zväčšenie 300x pri spracovaní neumožňovalo dobre rozoznať, či sa jedná o povrchové vlákno, alebo o „chlp“, ktorý v mieste snímania je pred telom priadze a nebola vidieť celá šrobovica zákrutu (malý úsek priadze). Všetky nedostatky splňovalo zväčšenie 100x, problém nastal pri vytváraní binárneho obrazu a malom počte zistených sklonov vlákien.

Ako najvýhodnejšie sa ukázalo zväčšenie 200x, kde počet získaných uhlov bol najvyšší, jasne sa dalo rozoznať vlákno priadze od odstávajúceho. Zväčšenie obrázku pôsobilo najdôveryhodnejšie pre samotné meranie metódou objektívnou i subjektívnou.

### 3.2.3 Tvorba preparátu

Preparát sú cca 1 cm dlhé úseky priadze, ktoré sa nalepujú na nosič (podkladová doštička s nalepeným kúskom bielej obojstrannej lepiacej pásky). Na jeden nosič je možné umiestniť 5 – 7 vzorkov. Takto pripravené vzorky sa vložia do zariadenia, kde je na ich povrch nanosená vrstva kovu (Au, Ag). Nosič so vzorkami je vsadený do drážok preparátovej komory elektrónového mikroskopu, v ktorom je vytvorené vakuum odsatím vzduchu. Mikroskop pracuje v režime sekundárnych a odrazených elektrónov, k čomu slúžia dva druhy elektród.

Po nastavení zväčšenia 200x a zaostrení obrazu nasledovalo snímanie pozdĺžnych pohľadov priadze na rastrovacom elektrónovom mikroskope pre experimentálnu časť. Z každej priadze bolo nasnímaných 30 obrázkov.

## 3.3 Spôsob merania uhlov sklonu povrchových vlákien

Získané pozdĺžne pohľady priadze boli vyhodnotené nasledujúcimi spôsobmi:

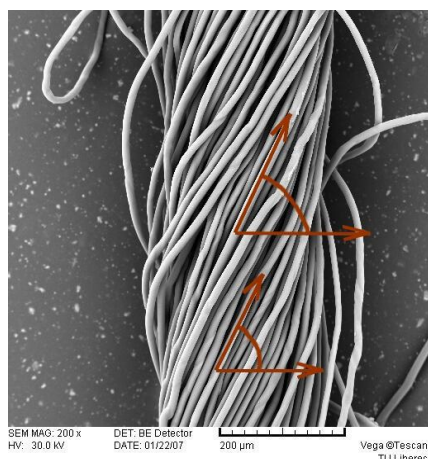
- Subjektívne meranie pomocou obrazovej analýzy Nis Elementes
  - bez osy priadze
  - s osou priadze
- Objektívne meranie pomocou programu Skelet (ako programový nástroj bol použitý Matlab) [19]
  - bez osy priadze
  - s osou priadze

### 3.3.1 Subjektívne meranie

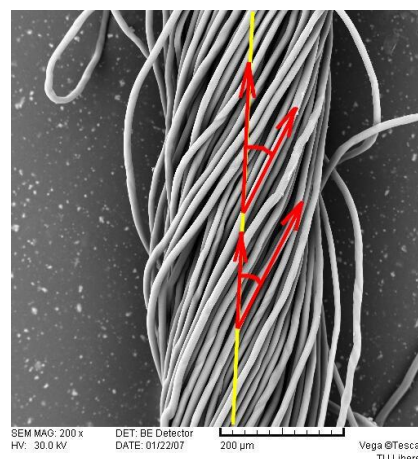
Subjektívne meranie bolo prevedené ručne prostredníctvom Nis Elementes (obrazová analýza) na prstencovej polyesterovej a bavlnenej priadzi s jemnosťami 25, 24, 20 a 16,5tex..

### 3.3.1.1 Subjektívne meranie - bez osy priadze

Na obrázkoch polyesterovej a bavlnenej priadze boli merané doplnky uhlov sklonu povrchových vlákien ( $\alpha$ ). Za osu priadze bola považovaná vertikálna osa obrázku. Sklony povrchových vlákien (veľkosť uhla od x-ovej osy) boli merané uprostred priadze. (obr. 20), pretože sklony vlákien na okraji priadze pôsobili “skreslene“. Uhol sklonu povrchových vlákien bol doložený zo vzorca  $b_d = 90 - a$ .



Obr. 20: Meranie uhlov sklonu povrchových vlákien priadze – bez osy priadze, (zväčšenie 200x)



Obr. 21: Meranie uhlov sklonu povrchových vlákien priadze – s osou priadze, (zväčšenie 200x)

Z merania boli získané hodnoty, ktoré boli nasledovne štatistiky vyhodnotené a zaznamenané v tab. 3 a 4.

### 3.3.1.2 Subjektívne meranie – s osou priadze

Do obrázku bola ručne zakreslená osu priadze v programe Nis Elementes. Overenie správnosti umiestnenia osy nebolo možné, pretože záležalo na subjektívnom posúdení merajúcej osoby.

Po zmeraní uhlov  $\beta_d$  (veľkosť uhla od y-ovej osy) boli hodnoty štatisticky spracované a zaznamenané v tab. 3 a 4.

### 3.3.2 Objektívne meranie

Objektívne meranie bolo realizované pomocou programu “Skelet”. Pri vytváraní programu sa vychádzalo z morfológických operácií, ktoré sa používajú v Matlabe, hlavne sa využíva skeletizácia.

#### 3.3.2.1 Algoritmus “výpočtu” a skeletizácia

Vytvorený program Skelet pracuje nasledovne:

##### Algoritmus “výpočtu”

Nasnímaný obrázok (obr. 19) z elektrónového mikroskopu bol prevedený na binárny obraz (obr. 22). Tvorbu binárneho obrazu ovplyvňoval stupeň intenzity jasu nasnímaného obrazu a podiel pozadia a priadze. Čím viac pozadia a svetla, tým väčšie problémy pri prahovaní, a nepresnejší konečný výsledok. Výhodné sa ukázalo prahovať obrázok aj s dolnou lištou (biela lišta v dolnej časti obrázku z rastrovacieho mikroskopu). Ďalšou možnosťou bola posunutie prahu pri svetlom obrázku do vyšších, pri tmavom obrázku do nižších hodnôt prahu. Osvedčila sa hodnota  $\pm 0,1$ .

Nasledovalo orezanie dolnej lišty, erózia a dilatácia obrazu. Dôsledkom bolo zväčšenie objektov v obraze natoľko, že sa spojili jednotlivé vlákna do jedného veľkého celku (obr. 23). Po nájdení najväčšieho celistvého objektu (o ktorom sa predpokladalo, že je telo priadze) bol zistený “najužší priemer priadze” na troch miestach obrázku. Pripočítaním konštantnej hodnoty 15% z celkovej šírky obrázka z ľavej a pravej strany k najužšiemu zistenému priemeru bol vytvorený výrez I z pôvodného obrázku (obr. 24). Doposiaľ uvedený “algoritmus výpočtu” slúžil k nájdeniu “tela priadze” na snímku.

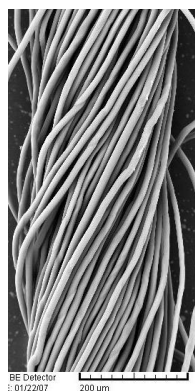


Obr. 22: Binárny obraz

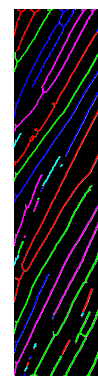


Obr. 23: “Telo priadze“

Ďalej sa pracovalo s výrezom I, kedy prebehol rovnaký postup: vytvorenie binárneho obrazu, erózia, dilatácia, vytvorenie celistvého objektu - “telo priadze“, a nájdenie najužšieho priemeru. Rozdiel spočíva v tom, že namiesto pričítaniu konštantnej hodnoty 15% z celkovej šírky obrázku z pravej a ľavej strany priadze, nasledovalo odčítanie (zúženie obrázku) a vytvorenie výrezu II (obr. 25) To umožnilo odstrániť vlákna na okraji priadze, kde ich sklon je skreslený vďaka tomu, že na ne nepozieráme priamo, ale z boku. Tieto vlákna pre nás nemajú význam.



Obr. 24: Výrez I

Obr. 25: Naprahovaný  
výrez IIObr. 26: Skelet (kostra)  
objektu

Na overenie správnosti tvorby výrezu I bola vypracovaním krátka štúdia. Pri porovnaní modulusov sklonu vlákien pri ručnom spôsobe tvorby výrezu (PhotoFiltre, Photoshop) a programom Skelet nebol zistený v konečnom dôsledku významný rozdiel.

## **1. Skeletizácia**

U metódy Skelet bola najviac využitá operácia, ako už sám názov hovorí – skeletizácia. Nasledovalo nájdenie hraníc všetkých objektov v obrázku - vytvorenie skeletu priadze (obr. 26).

Skelet reprezentujúci sklon vlákna bol vytvorený z niekoľkých pixlov za sebou, ktoré považujeme za body a ktorými bol preložený polynómom 1. stupňa – priamka. Uhol bol počítaný vzhľadom k referenčnej priamke.

Uhly sklonu vlákien priadze boli uložené do textového súboru. Nasledujúcim spôsobom boli spracované všetky obrázky. Uložené textové súbory boli spojené do jedného veľkého textového súboru, ktorý slúžil pre výpočet modusu uhlu sklonu vlákien na povrchu priadze.

### **3.3.2.2 Objektívne meranie – bez osy priadze**

Programom Skelet boli premerané všetky obrázky polyesterovej a bavlnenej priadze. Za osu priadze sa uvažovala vertikálna osa obrázku. Namerané hodnoty boli štatisticky spracované a zaznamenané v tab. 3 a 4.

### **3.3.2.3 Objektívne meranie - s osou priadze**

Pri objektívnom meraní bola osa priadze vytvorená postupom niekoľko po sebe nasledujúcich morfológických operácií.

#### **3.3.2.3.1 Osa priadze**

Priadza je vlákený produkt s nekonštantným priemerom po celej svojej dĺžke, preto určiť osu priadze bolo náročné.

Postup vytvorenia osy priadze bol nasledovný. Po prevedení výrezu na binárny obraz a po následnej erózii a dilatácii (obr. 27) boli zistené “priemery priadze” (počet pixlov) v každom riadku obrázka a nájdená ľavá a pravá hranica “tela priadze”. Body,



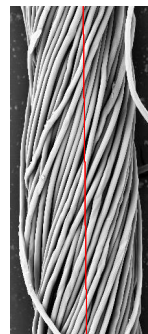
ktoré vznikli rozdelením riadku pixlov bol preložený polynóm prvého stupňa (obr. 28). Takto vytvorená priamka slúžila ako osa priadze. Niekedy sa však stávalo, že priadza mala veľa odstavajúcich vláken, čo malo za následok vychýlenie osy (ležala krížom cez priadzu).

Tento problém bol vyriešený nájdením najčítnejšej hodnoty “priemeru priadze”/2. Táto hodnota nahradila “polomer priadze” v každom riadku (modus bol zvolený preto, že nie je citlivý na vybočujúce hodnoty ako priemer). Preložením polynómu prvého stupňa vzniknutými bodmi bola vytvorená osa a k nej boli merané uhly sklonu povrchových vláken (obr. 28). Toto riešenie sa ukázalo ako najvýhodnejšie.

Štatisticky spracované namerané hodnoty boli zaznamenané v tabuľke č. 3 a 4.



Obr. 27: Výrez I po erózii a dilatácii



Obr. 28: Osa priadze vytvorená Skeletom

### 3.4 Vyhodnotenie a spracovanie nameraných hodnôt

#### 3.4.1 Uhly sklonov povrchových vláken na povrchu priadzi

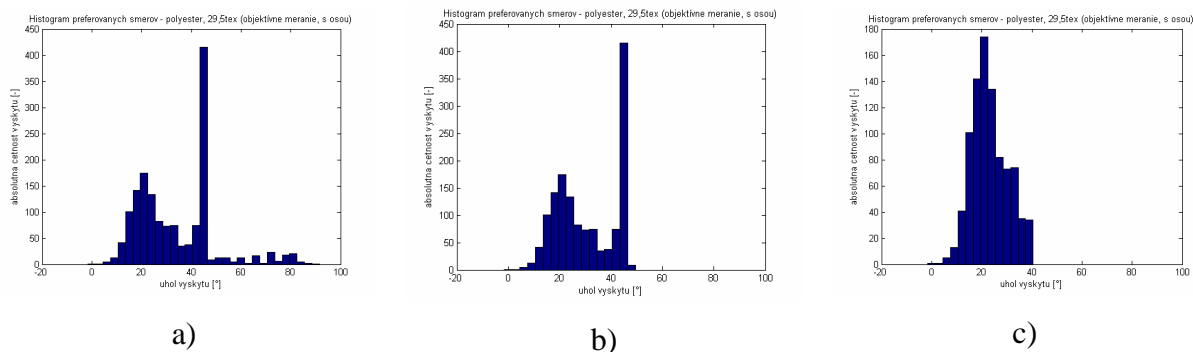
Ako sa postupom času ukázalo, najväčší problém bol spracovanie nameraných hodnôt. Použitím morfológických operácií sa niektoré informácie stratili, a naopak niektoré pribudli. Krátke a odstavajúce vlákna a šum, ktorých dĺžka bola 3 – 5 pixlov (obr. 29) Matlab identifikoval ako vlákna zo sklonom 45 stupňov, a taktiež zaznamenal uhly, ktoré boli príliš malé, alebo príliš veľké. Ak by boli použité všetky získané hodnoty uhlov, histogram by vyzeral nasledovne (obr. 30a). Zo subjektívneho merania bolo známe k akým hodnotám by sme sa mali priblížiť, a na základe toho bolo

vytvorené ohraničenie. Jeho úlohou bolo zamedziť, aby sa medzi ďalej používanými datami, vyskytovali uhly, ktoré reprezentujú šum a odstávajúce vlákna. Pre priadze s pomerne vysokým zákrutom sa ako najlepšie osvedčila hranica  $40^\circ$  (obr.30c). Pri nižšom zákrute by bolo potrebné zmeniť navrhnutú hodnotu uhlu a vylúčiť hodnoty merania, ktoré sa pohybuje v blízkosti  $45^\circ$  a vznikli zo šumu.



Obr. 29: Priamky, ktoré vzniknú zo šumu a ich sklon je  $45^\circ$

Vyradením hodnôt bola odstránená pravá časť histogramu, zároveň aj šum a odstávajúce vlákna.



Obr. 30: Zmena histogramu podľa určenie počiatočného uhlu sklonu povrchových vlákien

a) uhly < 0, b) uhly < 50, c) uhly < 40

Konečné hodnoty uhlu sklonu povrchových vlákien získané prostredníctvom Skeletu boli štatisticky vyhodnotené programom Qcexper a histogrami vytvorené programom Matlab.

Ako už bolo spomenuté v predchádzajúcej časti modus (najčítnejšia hodnota) nie je citlivý na vybočujúce merania, pričom priemerná hodnota áno. Preto sa stal

modus hlavným parametrom pre vyhodnocovanie a ďalšieho porovnávania. Pre výpočet modusu bol použitý vzťah

$$\hat{x} = a + h \frac{n_0 - n_{-1}}{2n_0 - n_{-1} - n_{+1}}; \quad (13)$$

kde (a) je dolná hranica modálneho intervalu, (h) je šírka modálneho intervalu a ( $n_0, n_{-1}, n_{+1}$ ) sú četnosti modálneho predmodálneho a pomodálneho intervalu.

Zo získaných sklonov priadze bolo možné vyjadriť priemernú hodnotu a modus pre polyesterové priadze. Výsledky pre rôzne jemnosti sú uvedené v tab. 3.

Tab.3: Uhly sklonov povrchových vlákien - polyester

		20tex		24tex		29,5tex	
		priemer [°]	modus [°]	priemer [°]	modus [°]	priemer [°]	modus [°]
metóda objektívna	bez osy	19,2 (18,5;19,9)	14,8	26,2 (25,5; 26,9)	24,8	23,1 (22,6; 23,6)	20,3
	osa	19,3 (18,7;20,0)	15,1	25,1 (24,7; 25,6)	23,6	23,1 (22,7; 23,6)	20,2
metóda subjektívna	bez osy	17,2 (16,7; 17,7)	15,7	24,4 (23,9; 25,0)	23,7	21,2 (20,7; 21,7)	19,3
	osa	18,7 (18,2; 19,2)	15,2	24,7 (24,2; 25,2)	23,2	21,6 (21,1; 22,0)	20,2

Hodnoty modulusov a priemerných hodnôt sklonov polyesterovej priadze pre jemnosť 20, 24 a 29,5tex sú veľmi podobné. Väčší rozdiel je medzi subjektívnym a objektívnym meraním pre jednotlivé jemnosti. Pri porovnaní s osou priadze a bez osy sú hodnoty veľmi podobné, čo svedčí o tom, že nezáleží na použití programu Skelet s osou, alebo bez osy priadze. Musí byť však splnená podmienka: vertikálna osa obrázku je totožná s osou priadze (dobre nasnímaný obrázok).

Väčšie kolísanie hodnôt je zaznamenané u bavlnenej priadze u modulusovej i priemernej hodnoty v tabuľke č.4 a väčšia nezhoda medzi objektívnym a subjektívnym meraním. Dôvodom je tvar bavlneného vlákna - "skrútená stužka". Vlákna priadze nie sú pravidelne usporiadané ako u polyesterovej priadze s kruhovým prierezom a hladkým povrchom.

Tab. 4: Uhly sklonov povrchových vlákien - bavlna

		16,5 tex		20tex		24tex		25tex	
		priemer [°]	modus [°]	priemer [°]	modus [°]	priemer [°]	modus [°]	priemer [°]	modus [°]
metóda objektívna	bez osy	25,1 (24,6; 25,6)	24,3	23,8 (23,3; 24,3)	22,5	24,3 (23,9; 24,4)	23,4	26,5 (26,0; 26,9)	27,1
	osa	25,1 (24,6; 25,6)	24,4	23,8 (23,3; 24,4)	22,4	24,4 (24,0; 24,8)	23,4	26,5 (26,1; 26,9)	27,1
metóda subjektívna	bez osy	23,1 (22,5; 23,7)	20,8	23,7 (23,0; 24,5)	21,8	25,8 (25,1; 26,4)	26,1	25,4 (24,7; 26,0)	25,5
	osa	24,8 (24,1; 25,5)	22,1	24,5 (23,8; 25,2)	22,1	25,7 (25,1; 26,3)	25,9	26,1 (25,5; 26,7)	25,2

Bolo však dobré si položiť otázku o správnosti a presnosti priebehu výpočtu programom Skelet. Spätná kontrola ako si overiť správnosť výsledkov bola prostredníctvom vzorca z predpokladu šrobovicového modelu  $tg b_d = pDZ$ . Vypočítané hodnoty priemeru priadze sú zaznamenané v tab. 5. Na výpočet priemeru priadze boli použité experimentálne namerané hodnoty zákrutu  $Z$  a uhlu sklonu vlákien (modus)  $\beta_d$ .

Tab. 5: Vypočítaný priemer priadze

			vypočítané hodnoty							
			objektívne meranie				subjektívne meranie			
			bez osy		osa		bez osy		osa	
			$\beta_d$ [°]	$D_{vyp.}$ [μm]	$\beta_d$ [°]	$D_{vyp.}$ [μm]	$\beta_d$ [°]	$D_{vyp.}$ [μm]	$\beta_d$ [°]	$D_{vyp.}$ [μm]
bavlna	16,5	878	24,3	<b>164</b>	24,4	<b>164</b>	20,8	<b>138</b>	22,1	<b>147</b>
	20	800	22,5	<b>165</b>	22,4	<b>164</b>	21,8	<b>159</b>	22,1	<b>162</b>
	24	816	26,1	<b>191</b>	26,2	<b>192</b>	27,1	<b>200</b>	25,9	<b>189</b>
	25	766	27,1	<b>213</b>	27,1	<b>213</b>	25,2	<b>196</b>	25,5	<b>198</b>
polyester	20	642	14,8	<b>131</b>	15,1	<b>134</b>	15,7	<b>139</b>	15,2	<b>136</b>
	24	691	24,8	<b>213</b>	23,6	<b>201</b>	23,7	<b>202</b>	23,2	<b>197</b>
	29,5	623	20,3	<b>189</b>	20,2	<b>188</b>	19,3	<b>180</b>	20,2	<b>188</b>

Rozdielne namerané sklony vlákien sa prejavili aj na vypočítaných priemeroch, najmä u bavlny. Rozdiel medzi hodnotami získanými z programu s osou priadze, či bez osy je malý. Preto pre lepšiu prehľadnosť v tabuľkách budú použité hodnoty z objektívneho

(Oo) a subjektívneho merania (So) s osou priadze, ktoré v našom prípade budeme považovať za smerodajné.

V nasledujúcej tab. 6 sú pre porovnanie uvedené vypočítané priemery priadze z tab. 5 a namerané hodnoty odhadu priemeru priadze  $D_{od}$ , krycieho  $D_{kr}$ , hustotného  $D_{hus}$  a efektívneho priemeru  $D_{ef}$  poskytnutý z databázy TUL.

Tab. 6: Vypočítaný a nameraný priemer priadze

	T [tex]	$D_{ef}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$D_{od}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$D_{kr}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$D_{hus}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$D_{vyp.}(Oo)$ [ $\mu\text{m}$ ]	$D_{vyp.}(So)$ [ $\mu\text{m}$ ]
bavlna	16,5	186	165	177	165	<b>164</b>	<b>147</b>
	20	201	188	195	181	<b>164</b>	<b>162</b>
	24	205	200	205	200	<b>192</b>	<b>189</b>
	25	/	212	225	208	<b>213</b>	<b>198</b>
polyester	20	194	180	186	177	<b>134</b>	<b>136</b>
	24	209	203	214	201	<b>201</b>	<b>197</b>
	29,5	262	213	219	211	<b>188</b>	<b>188</b>

Vypočítané priemery priadzí sú nižšie ako namerané. Najbližšie k vypočítaným priemerom priadze je hustotný priemer  $D_{hus}$  a odhad priemeru priadze  $D_{od}$ . (tieto dva priemery sú skoro rovnaké aj napriek tomu, že každý bol zmeraný inou metódou).  $D_{hus}$  a  $D_{od}$  sa najviac približujú k vypočítaným priemerom, preto sa budú používať pri výpočtoch.

Druhý spôsob overenia nameraných hodnôt a správnosti postupovania je spočítať veľkosť uhlu sklonu vlákien  $\beta_d$ , keď poznáme zákrut  $Z$  a priemer priadze  $D_{hus}$  a  $D_{od}$

Vypočítaný uhol sklonu povrchových vlákien v tab. 6 sa s nameranými hodnotami zhoduje u polyesteru o jemnosti 24tex a bavlny 24, 25 a 16,5tex. Aby nastala zhoda medzi výpočtom a nameranými hodnotami, vypočítané sklony vlákien by mali byť menšie.

Tab.6 Vypočítaný uhol sklonu povrchových vlákien priadze

	výpočet						namerané hodnoty (Skelet)	
	T [tex]	Z [m <sup>-1</sup> ]	D <sub>od</sub>	$\beta_{od}$ [°]	D <sub>hus.</sub> [μm]	$\beta_{hus}$ [°]	$\beta_d$ (Oo) [°]	$\beta_d$ (So) [°]
bavlna	16,5	878	165	<b>24,5</b>	165	<b>24,5</b>	24,4	22,1
	20	800	188	<b>25,3</b>	181	<b>24,4</b>	22,4	22,1
	24	816	200	<b>27,2</b>	200	<b>26,7</b>	26,2	25,9
	25	766	212	<b>27,1</b>	208	<b>26,6</b>	27,1	25,5
polyester	20	642	180	<b>18,5</b>	177	<b>19,7</b>	15,1	17,2
	24	691	203	<b>23,8</b>	201	<b>23,6</b>	23,6	23,2
	29,5	623	213	<b>22,6</b>	211	<b>22,4</b>	20,2	20,2

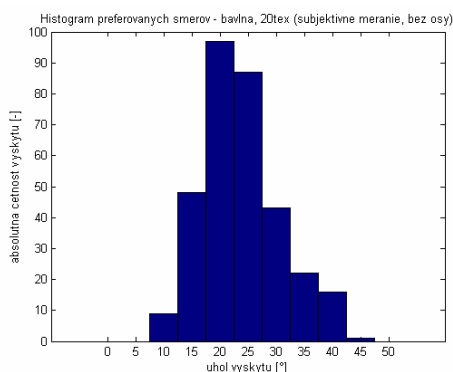
Na základe prevedených meraní v experimentálnej časti je program Skelet použiteľný pre meranie uhlov sklonu povrchových vlákien u polyesterovej i bavlnenej priadze.  $\beta_d$  z objektívneho merania sa viac zhoduje s vypočítanými sklonmi, ako hodnoty zo subjektívneho merania. Pre ďalšie použitie, je potrebné overiť použitý algoritmus v Skelete na väčšom počte pozdĺžnych pohľadov priadze.

### 3.4.2 Teoretický model distribúcie smeru vlákien na povrchu priadze

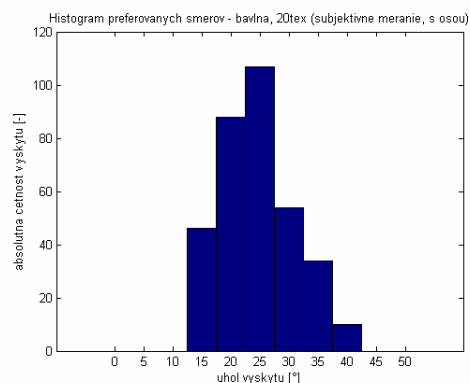
Rozloženie vlákien na povrchu priadze vypovedá o jej štruktúre. Teoretický model distribúcie smeru vlákien na povrchu priadze bol skúmaný prostredníctvom histogramu a vzájomným porovnaním medzi subjektívnym a objektívnym meraním s osou a bez osy priadze.

Histogramami boli vytvorené z uhlov sklonov povrchových vlákien programom Skelet. Šírka triedy 5° bola napevno stanovená

Obr. 31: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien  
bavlna, 20tex – subjektívne meranie

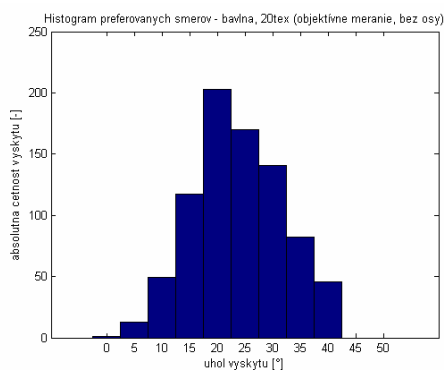


a) bez osy priadze

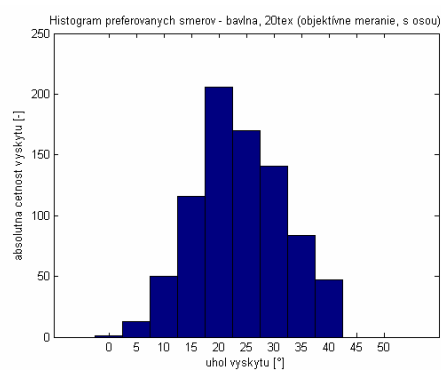


b) s osou priadze

Obr. 32: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien  
bavlna, 20tex – objektívne meranie



c) bez osy priadze



d) s osou priadze

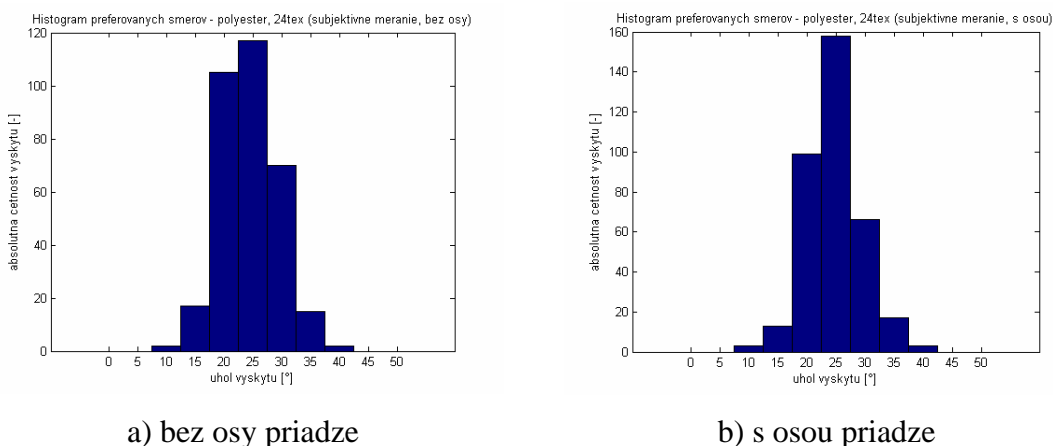
Zo získaných histogramov je patrná zmena medzi objektívnym a subjektívnym meraním v ich tvare a zhoda medzi meraním s osou priadze a bez osy priadze.

U grafov z objektívneho merania nám chýba kúsok pravej strany, čo spôsobila napevno stanovená hranica 40°, kedy vlákna väčšie ako určená hodnota boli považované za šum a odstavajúce vlákna.

Histogramami zo subjektívneho merania sú vytvorené z menšieho súboru hodnôt zmeraných merajúcou osobou. Grafy objektívneho merania boli zhotovené z väčšieho počtu hodnôt, u ktorých nemôžeme z istotou zaručiť, že neobsahujú aj nesprávne sklony vlákien vytvorené zo šumu.

Totožný tvar histogramov z objektívneho merania potvrdil, že nezáleží či použijeme program s osou priadze, alebo bez osy priadze u dobre nasnímaných obrázkov.

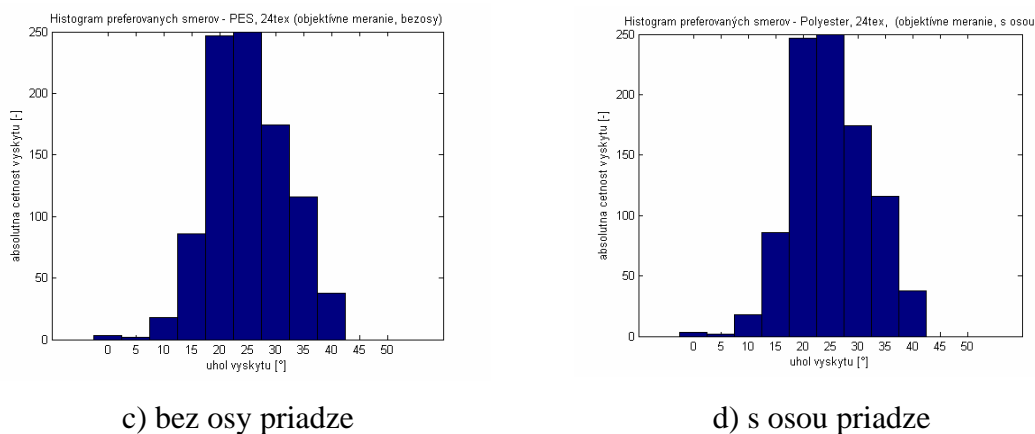
Obr. 33: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien  
polyester 24tex – subjektívne meranie



a) bez osy priadze

b) s osou priadze

Obr. 34: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien  
polyester 24tex – objektívne meranie



c) bez osy priadze

d) s osou priadze

Tvary histogramov u polyesterovej priadze sú podobné ako u bavlnenej priadze. Platia podobné zákonitosti ako sú popísané u bavlny, preto grafy u polyesteru nebudem opäť popisovať.

Pretože tvar histogramov sa výrazne nemení a ostáva približne zachovaný, ďalšie grafy pre bavlnenú a polyesterovú priadzu sú uvedené v prílohe č.2.

### 3.4.2.1 Test symetrie histogramu

Pre overenie asymetrie, ktorá bola vypozerovaná u histogramov bol prevedený test symetrie v Qcexperte.



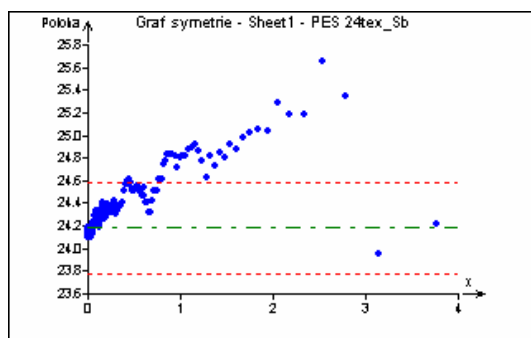
Normálne a symetrické rozdelenie má šikmosť rovnú 0. V tab. 7 sú uvedené hodnoty šikmosti kde prevažujú čísla rôzne od 0, čo potvrdzuje asymetriu histogramov.

Tab. 7: Šikmosť histogramu

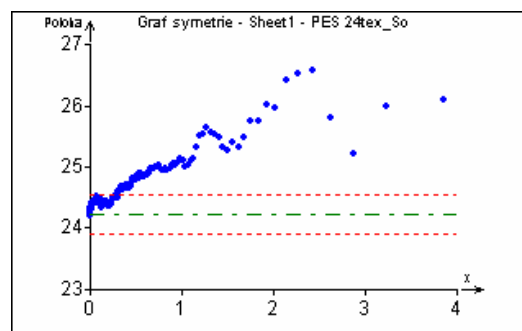
		bavlna				polyester		
		16,5tex	20tex	24tex	25tex	20tex	24tex	29,5tex
		šikmosť	šikmosť	šikmosť	šikmosť	šikmosť	šikmosť	šikmosť
subjektívne meranie	osa	0,4	0,3	-0,2	-0,2	0,6	0,4	0,4
	bez osy	0,4	0,5	-0,1	0,1	0,8	0,2	0,6
objektívne meranie	osa	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	0,6	0,0	0,3
	bez osy	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	0,6	0,1	0,3

Záveru ku ktorým sa dospelo dovoľujú napísať, že prevažná časť histogramov má asymetrické rozdelenie u objektívneho a subjektívneho merania s osou i bez osy priadze u bavlnených aj polyesterových vlákien na povrchu priadze. Asymetria sa prejavuje miernym ľavostranným (záporným) zošikmením histogramu a potvrdili ju aj test a grafy symetrie (namerané hodnoty prekračujú prerušované medze) vytvorené v Qcexperte pre polyester (obr. 35, 36).

Obr. 35: Graf symetrie (subjektívne meranie)- polyester, 24tex

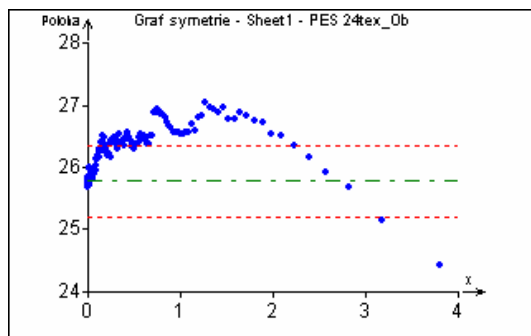


a) bez osy priadze

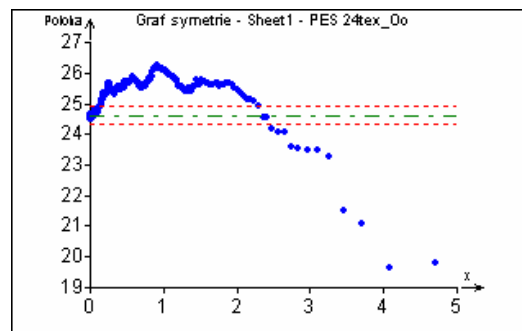


b) s osou priadze

Obr. 36: Graf symetrie (objektívne meranie)- polyester, 24tex



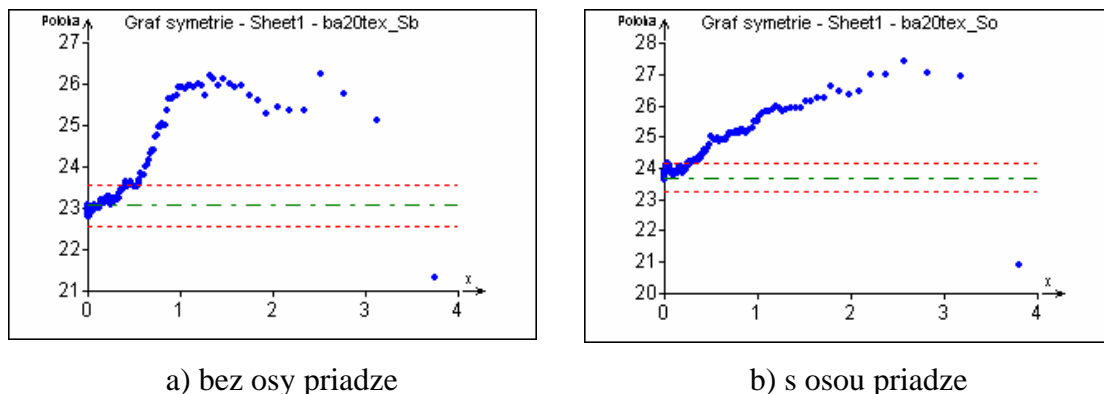
a) bez osy priadze



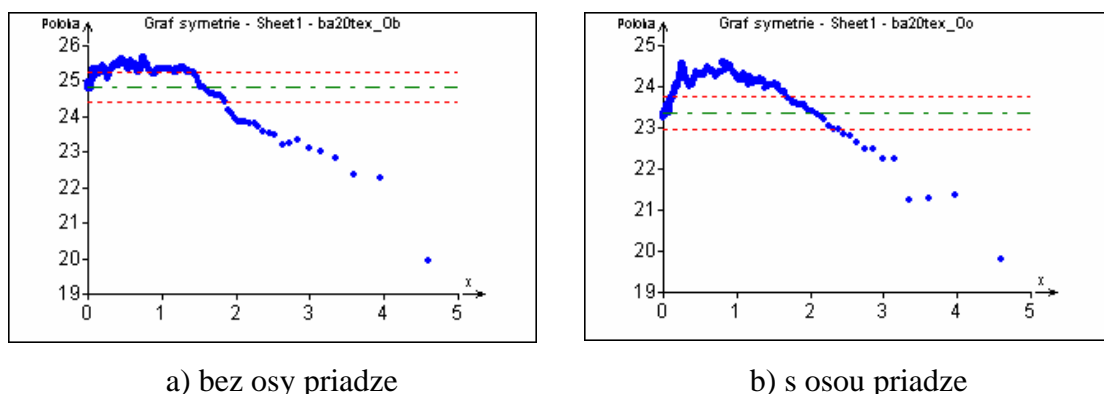
b) s osou priadze

Obdobným spôsobom boli vytvorené grafy pre overenie symetrie rozdelenia u bavlnenej priadze (obr. 37, 38). Potvrdilo sa že, histogram má asymetrické rozdelenie.

Obr. 37: Graf symetrie (subjektívne meranie)- bavlna, 20tex



Obr. 38: Graf symetrie (objektívne meranie)- bavlna, 20tex



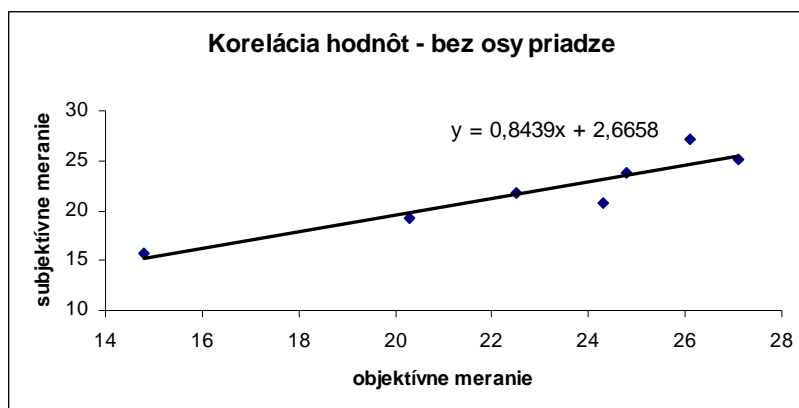
Pretože tvar grafu symetrie pre bavlnenú a polyesterovú priadzu sa výrazne nemení a zachováva si podobný tvar, pre ďalšie priadze nebudú ďalej uvádzané.

### 3.5 Korelácia hodnôt medzi objektívnym a subjektívnym meraním

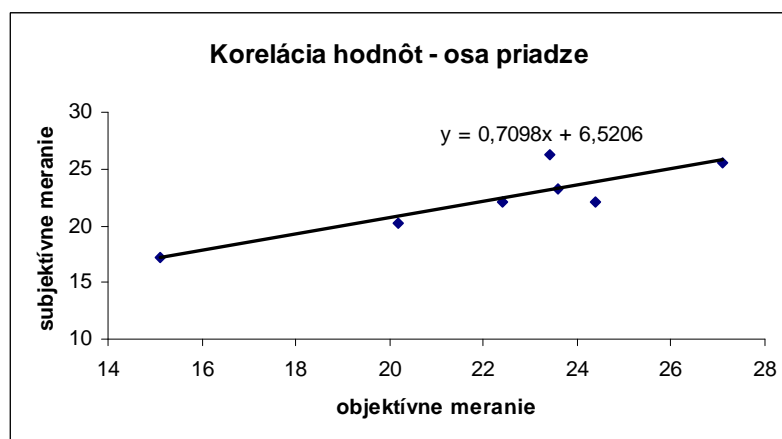
Mieru závislosti medzi dvoma premennými (objektívnym a subjektívnym meraním) vyjadruje miera závislosti - korelácia.

Modusy sklonu povrchových vlákien bavlnenej a polyesterovej priadze boli vynesené do grafov pre meranie bez osy a s osou priadze.

Obr. 39: Korelácia hodnôt – bez osy priadze



Obr. 40: Korelácia hodnôt –s osou priadze



U obidvoch grafov sú objektívne a subjektívne meranie medzi sebou lineárne závislé. Závislosť potvrdzujú aj korelačné koeficienty 0,93 pre meranie bez osy priadze a 0,89 pre meranie s osou priadze.

### 3.6 Zhrnutie a výsledky novej metodiky

Spôsob prevedenia merania a vytvárania novej metodiky pre sledovanie povrchovej štruktúry priadze priniesol pozitívne výsledky.

Výsledky modulusu uhlu sklonu povrchových vlákien získané navrhnutým algoritmom (Skelet) sú podobné so subjektívnym meraním pre polyesterovú aj bavlnenú priadzu.

Vytvorené histogramy vypovedajú o asymetrickom rozdelení vlákien na povrchu priadze. Najčetejší preferovaný uhol sa dôsledkom ľavostranného (záporného)

zošikmenia nachádza v prevažnej u prevažnej časti histogramu na ľavej strane. Asymetriu bola potvrdená hodnotami prekračujúcimi vymedzené medze u grafov symetrie.

Vysoké korelačné koeficienty a vytvorené grafy pre koreláciu hodnôt pre meranie s osou a bez osy priadze potvrdili lineárnu závislosť medzi objektívnym a subjektívnym meraním u bavlnenej a polyesterovej priadze.

### **3.7 Návrh metodiky merania uhlov sklonu povrchových vlákien**

Na získanie uhlov sklonu povrchových vlákien priadze bol navrhnutý nasledujúci postup:

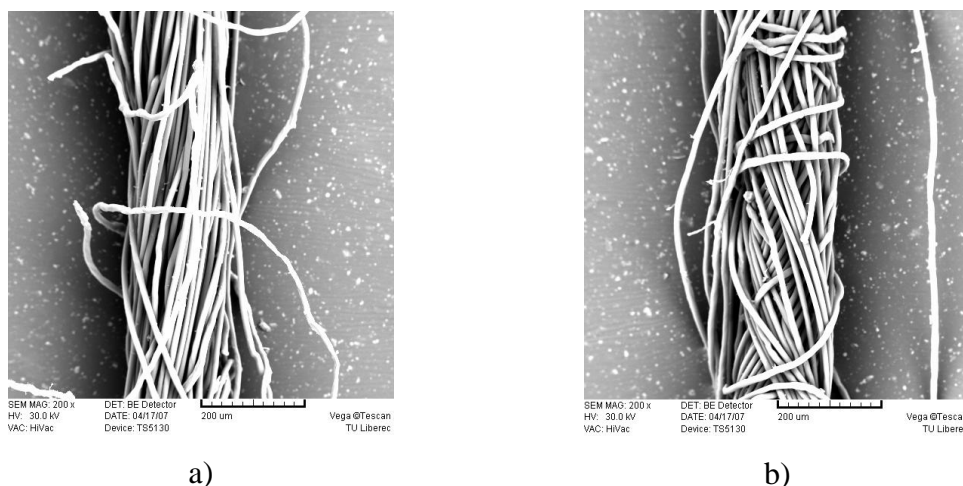
- nasnímanie obrazov na rastrovacom elektrónovom mikroskope pri zväčšení 200x (obrázky vytvárať tak, aby osa priadze bola pokiaľ je to možné totožná s vertikálnou osou obrázka)
- odstránenie veľmi svetlých a tmavých obrazov, obrazov s veľkým počtom odstavajúcich vlákien
- zmeranie uhlov sklonu povrchových vlákien prostredníctvom navrhnutým algoritmom v kapitole 3.3.2.3

### **3.8 Rotorová priadza**

Nový spôsob merania uhlov sklonu vlákien bol použitý na rotorovej priadzi ako možnosť nového využitia. Táto kapitola vytvára náznak toho, akým smerom by bolo možné ďalej pokračovať.

Ako je vo všeobecnosti známe zmerať zákrut rotorovej priadze je problém, udáva sa hodnota vypočítaná z otáčok rotora bezvretenového dopriadacieho stroja.

Nájsť miesto bez ovinkov na priadzi nebolo jednoduché a zo získaných obrazov bolo ťažké identifikovať smer uhlu stúpania šrobovice (obr. 41b), čo sa neskôr ukázalo ako veľký problém hlavne pri objektívnom meraní.



Obr. 41: Rotorová priadza

Tab. 8: Parametre rotorovej priadze

jemnosť priadze [tex]	zákrut [ $\text{m}^{-1}$ ]	jemnosť vlákien [tex]	dĺžka vlákien [mm]
20	882	0,15	38

Číselné hodnoty štatistických charakteristík sklonov vlákien uvádza nasledujúca tab. 9. Meranie sa prevádzalo na polyesterovej priadzi na 11 nasnímaných obrázkoch.

Tab. 9: Uhly sklonu povrchových vlákien priadze

		priemer [°]	modus [°]
metóda objektívna	bez osy	21,0 (19,4; 22,7)	19,4
	osa	21,5 (19,8; 23,1)	20,2
metóda subjektívna	bez osy	20,5 (18,9; 22,1)	16,2
	osa	20,9 (19,7; 22,2)	17,9

Z tabuľky je patrná zhoda v priemernej hodnote, ale modus sklonu vlákien je odlišný u objektívneho i subjektívneho merania. To mohla spôsobiť rozvoľnená štruktúra na povrchu priadze. Vlákna sú neusporiadané, odstávajú a priemer priadze sa neustále mení (viditeľné sú vlákna, ktoré ležia na menších polomeroch priadze (obr. 41b)).

Nová metodika skúmania povrchovej štruktúry priadze umožňuje uplatnenie aj u rotorovej priadze, a však je potrebné odstrániť nové vzniknuté problémy a nasnímať veľký počet pozdĺžnych pohľadov priadze s malým počtom odstávajúcich vlákien.

### 3.9 Odporúčania

Pri overovaní navrhnutej metodiky sa pokračovateľ určite stretne s novými problémami, preto som sa pokúsila do pár bodov zhrnúť na čo by sa mal zamerať:

- zmenšiť zväčšenie obrazu (100x)
- vyskúšať nové možnosti získania obrazu priadze a vyriešiť osvetlenie snímaného vzorku
- overenie programu na väčšom počte nasnímaných obrazov priadze
- aplikovať novú metodiku na rotorovú priadzu
- overenie normálneho symetrického rozloženia teoretického modelu distribúcie smeru vlákien na povrchu priadze na väčšom počte obrázkov

## 4 ZÁVER

Práca popisuje vytváranie novej metodiky pre skúmanie povrchovej štruktúry priadze. Pre presnejšie výsledky by bolo vhodné výsledky metód ešte vyladiť pomocou ďalšieho predspracovania k čomu sa nám ponúkajú ďalšie možnosti z veľkého množstva nástrojov obrazovej analýzy.

Z dosiahnutých výsledkov môžeme zrovnaním stanoviť, že hodnoty uhlov u polyesterovej a bavlnenej prstencovej priadze nameraním ručne sú podobné uhlom nameraných navrhnutým algoritmom pri zväčšení 200x na rastrovacom elektrónovom mikroskope. U polyesterovej priadze sa výsledky viacej zhodujú, čo je spôsobené vyšším stupňom usporiadaných vlákien na povrchu priadze, tvarom a prierezom vlákien ako u bavlny.

U pozdĺžnych pohľadov priadze, kde sa vertikálna osa obrázku zhoduje s osou priadze nezáleží na použití programu Skelet s osou, alebo bez osy priadze. V praxi by som však odporučila používať program Skelet s vyriešenou osou priadze.

Nová metodika určite nájde využitie i u rotorových priadzí a však je potrebné odstrániť nové vzniknuté problémy.

Teoretického model distribúcie smeru vlákien na povrchu priadze má asymetrické rozdelenie s ľavostranným (záporným) zošikmením, čo vypovedá o tom, že modus uhlu sklonu vlákien sa nachádza v ľavej polovici histogramu.

Záverom môžeme povedať, že metodika pre sledovanie povrchovej štruktúry priadze je použiteľná pre meranie prstencovej bavlnenej a polyesterovej priadze, a však pre bežné využitie v praxi je potrebné jej overenie na väčšom počte pozdĺžnych pohľadov priadze.

## 5 POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Neckář, B.: Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti. SNTL Praha, 1990
- [2] Interní norma č. 12-108-01/01 Definice. Geometrické vlastnosti staplových přízí.  
Liberec. Výzkumný centrum Textil
- [3] Nváčková, J.: Diplomová práce: Struktura a vlastnosti kompaktní příze, TUL, 2003
- [4] Hlaváč, V. – Šonka, M.: Počítačové vidění, Grada Publishing, 1992
- [5] [home.zcu.cz/tmarsal/kro/ft/ft.html](http://home.zcu.cz/tmarsal/kro/ft/ft.html) [citované 22.05.2007]
- [6] [www.ft.tul.cz/databaze/skripta/data/2006-03-22/09-28-49.pdf](http://www.ft.tul.cz/databaze/skripta/data/2006-03-22/09-28-49.pdf) [citované 27.1.2007]
- [7] [www.paru.cz/lem/book/podkap/9.1html](http://www.paru.cz/lem/book/podkap/9.1html) [citované 9.4.2006]
- [8] [www.nazv.vscht.cz/imagep.htm](http://www.nazv.vscht.cz/imagep.htm) [citované 24.5.2006]
- [9] <http://actamont.tuke.sk/pdf/2004/n2/8licev.pdf> [citované 3.12.2006]
- [10] [www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060223/zkusebnictvi\\_2006.pdf](http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060223/zkusebnictvi_2006.pdf) [citované 27.1.2007]
- [11] Csanto, J. – Sabol, T.: Umelá inteligencia, Edičné stredisko TU v Košiciach, 1991
- [12] <http://neuron.tuke.sk/~pluchta> [citované 28.1.2007]
- [13] Manual Lucia G
- [14] Dzurňak, P.: Realizácia úlohy rozpoznávania obrazov s využitím vizualizačného systému, Edičné stredisko TU v Košiciach
- [15] [www.amann.sk/new/tech/kon2.htm](http://www.amann.sk/new/tech/kon2.htm) [citované 12.4.2007]
- [16] Selenge, L.: Diplomová práce: Migrace vláken u šicích nití, TUL, 1992
- [17] [http://www.fibtex.lodz.pl/55\\_09\\_27.pdf](http://www.fibtex.lodz.pl/55_09_27.pdf) [citované 12.4.2007]
- [18] Vyšanská, M.: Interní zdroje KTT, Textilná fakulta, TUL, 2007
- [19] Nováčková, J.: Interní zdroje KTT, Textilná fakulta, TUL, 2007



## **Zoznam príloh**

- 1 Pozdĺžny pohľad na priadzu z optického, skenovacieho konfokálneho a elektronového rastrovacieho mikroskopu
- 2 Histogram preferovaných smerov pre bavlnenú a polyesterovú priadzu
- 3 CD

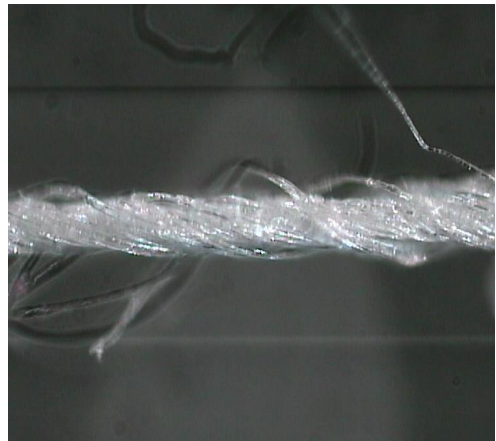
## **Príloha č. 1**

Pozdĺžny pohľad na priadzu z optického, skenovacieho konfokálneho  
a elektrónoveho rastrovacieho mikroskopu

Obr. 1: Optický mikroskop – polyester



a) zväšenie 40x

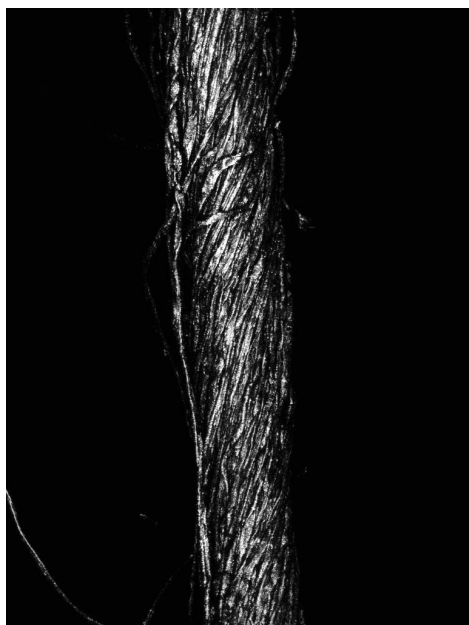


b) zväčšenie 100x



c) zväčšenie 200x

Obr. 2: Konfokálny skenovací mikroskop - bavlna

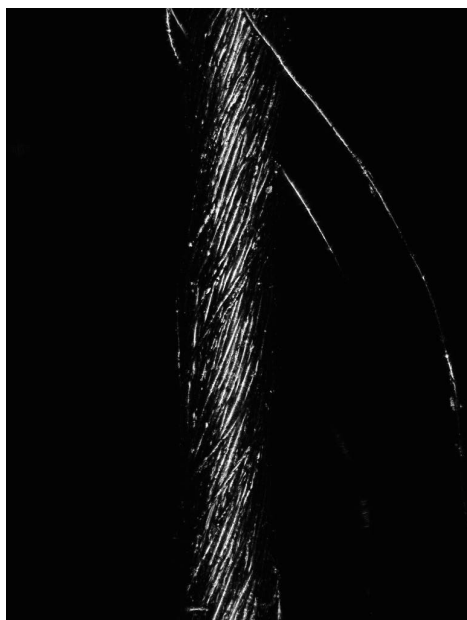


a) zväčšenie 100x

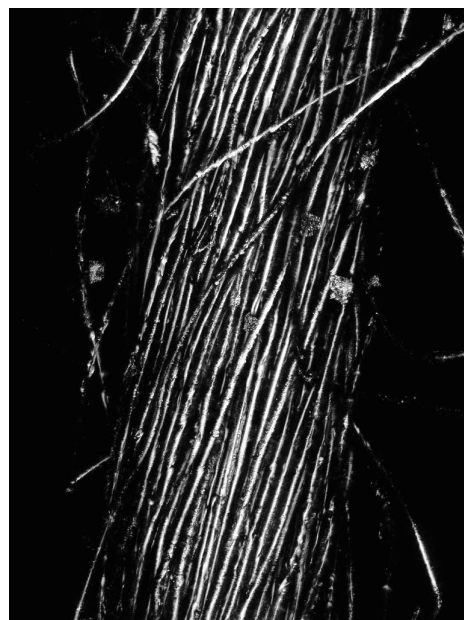


a) zväčšenie 200x

Obr. 3: Konfokálny skenovací mikroskop – polyester

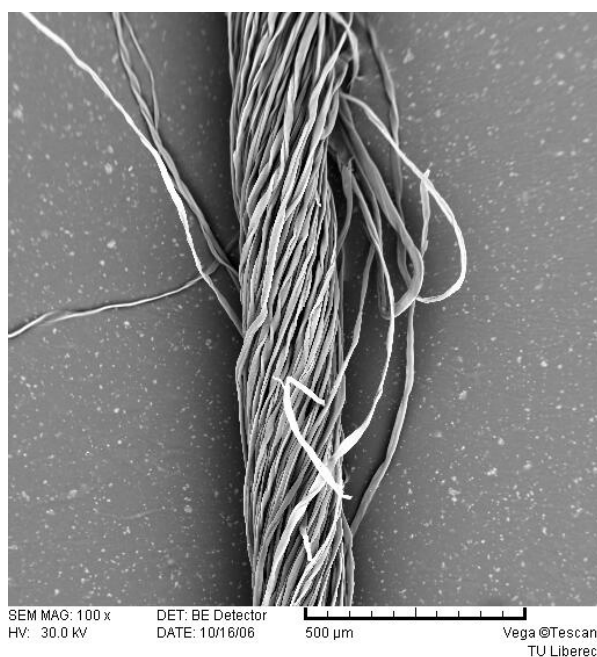


a) zväčšenie 100x

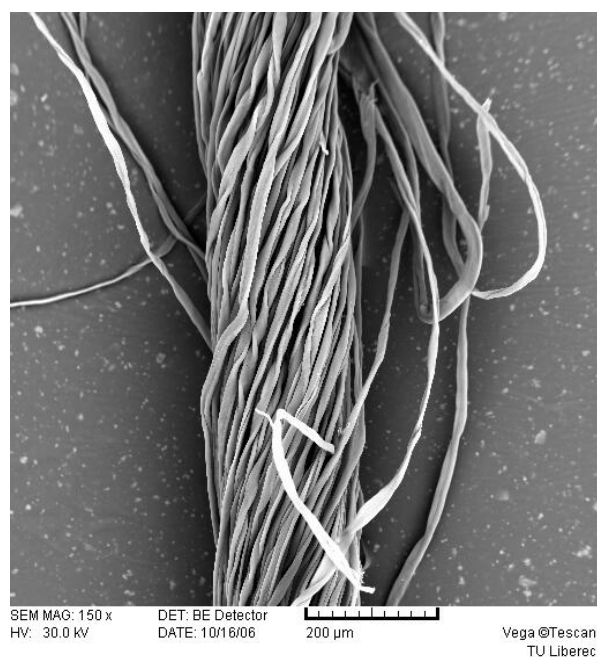


b) zväčšenie 200x

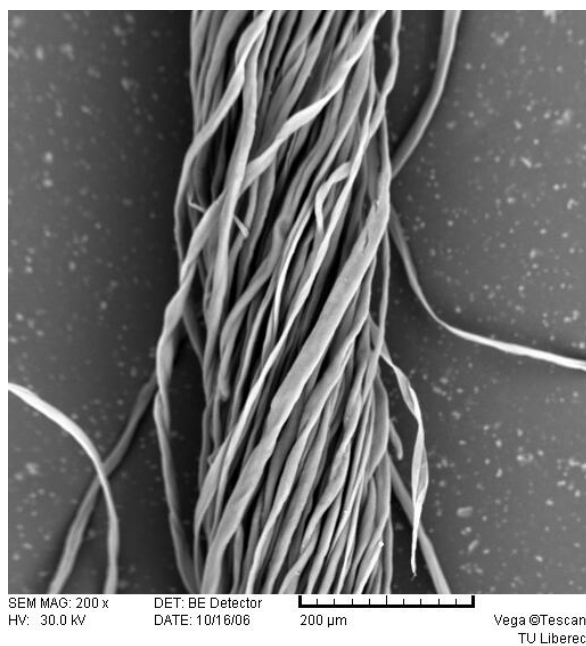
Obr. 4: Rastrovací elektronový mikroskop - bavlna



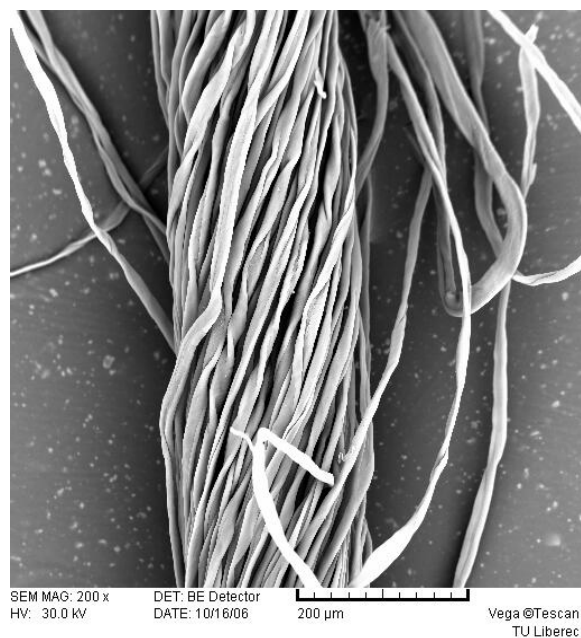
a) zvětšenie 100x



b) zvětšenie 150x



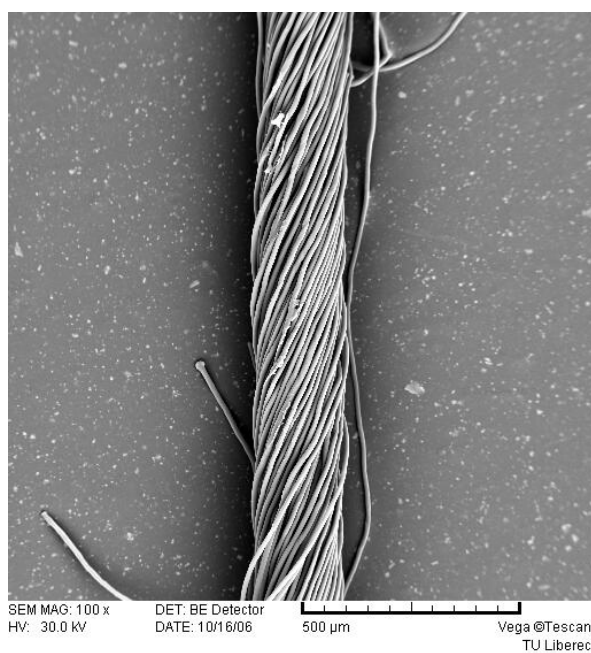
c) zvětšenie 200x



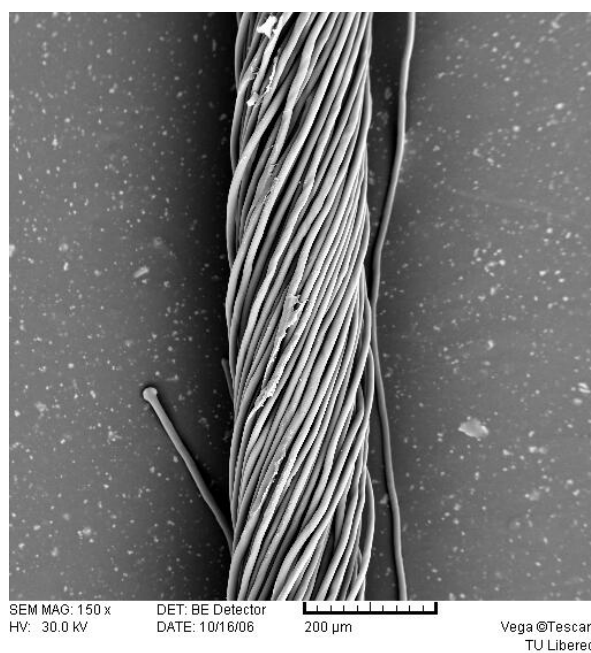
d) zvětšenie 300x



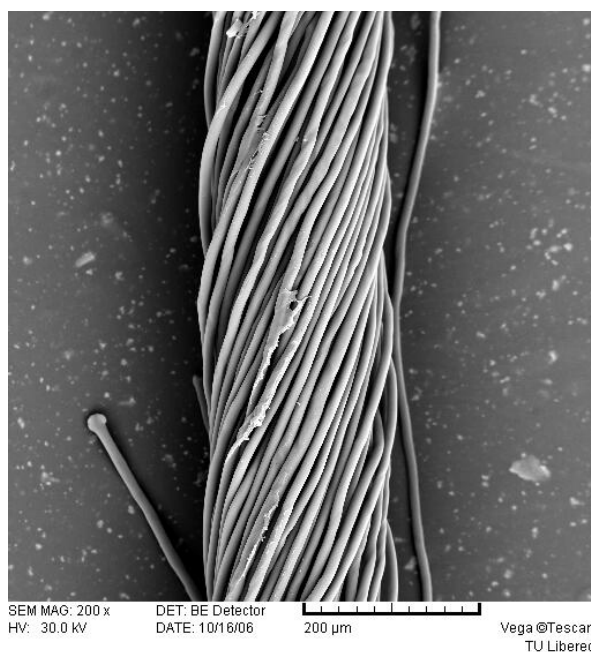
Obr. 5: Rastrovací elektronový mikroskop - polyester



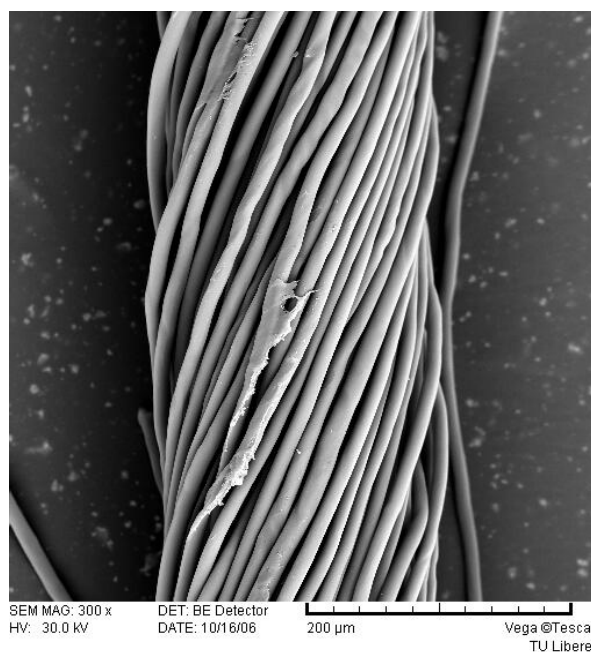
a) zväčšenie 100x



b) zväčšenie 150x



c) zväčšenie 200x

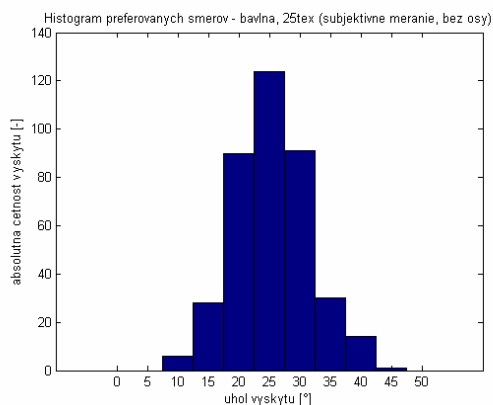


d) zväčšenie 300x

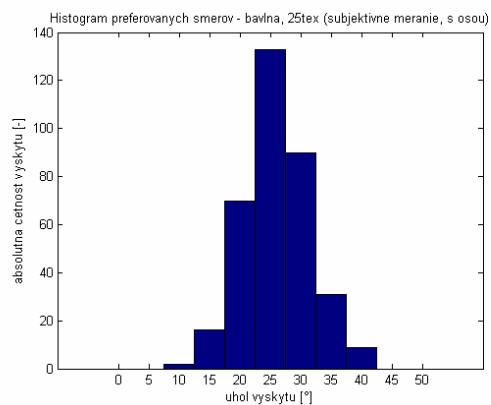
## **Príloha č.2**

Histogram preferovaných smerov pre bavlnenú a polyesterovú priadzu

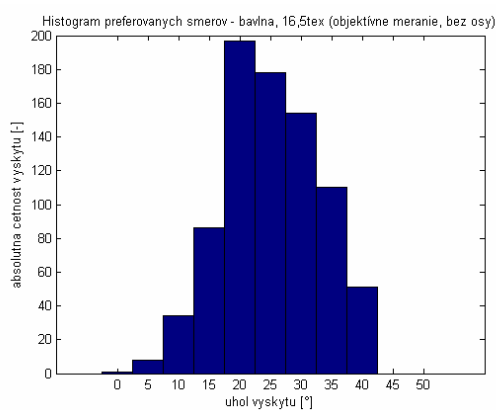
Obr. 6: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien – bavlna, 16,5tex



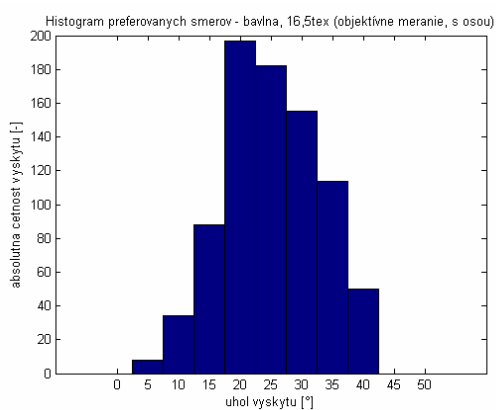
a) subjektívne meranie, bez osy



b) subjektívne meranie, s osou



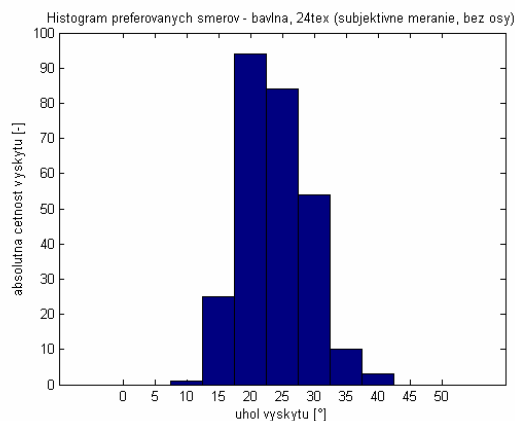
c) objektívne meranie, bez osy



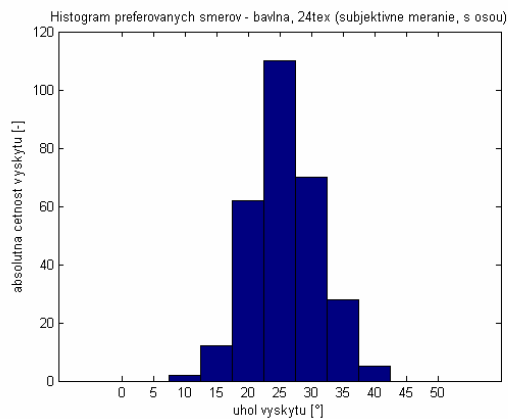
d) objektívne meranie, s osou



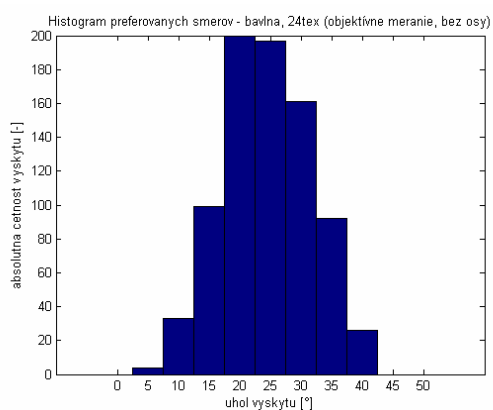
Obr. 7: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien – bavlna, 24tex



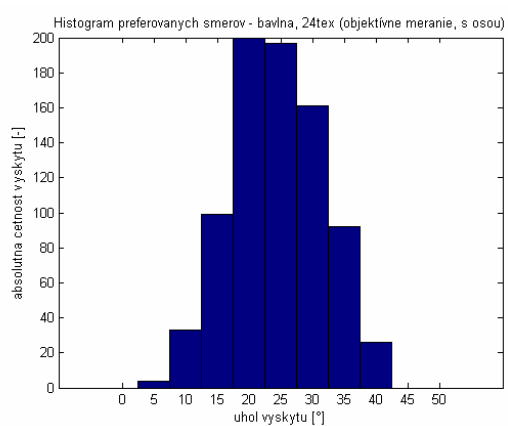
a) subjektívne meranie, bez osy



b) subjektívne meranie, s osou

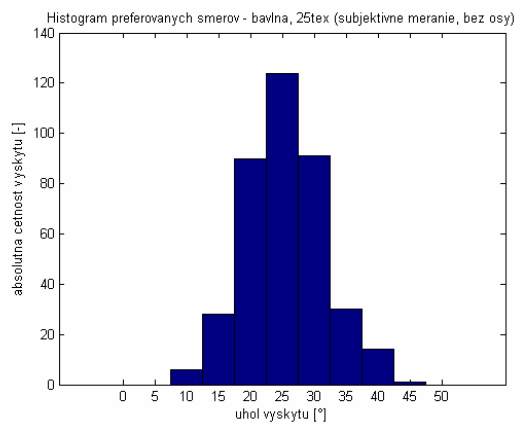


c) objektívne meranie, bez osy

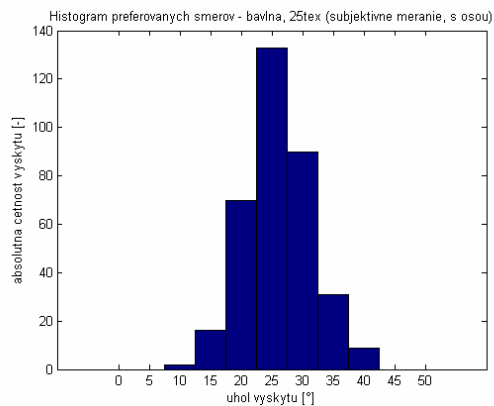


d) objektívne meranie, s osou

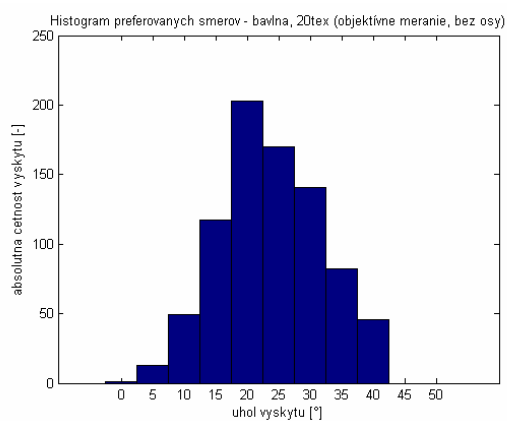
Obr. 8: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien – bavlna, 25tex



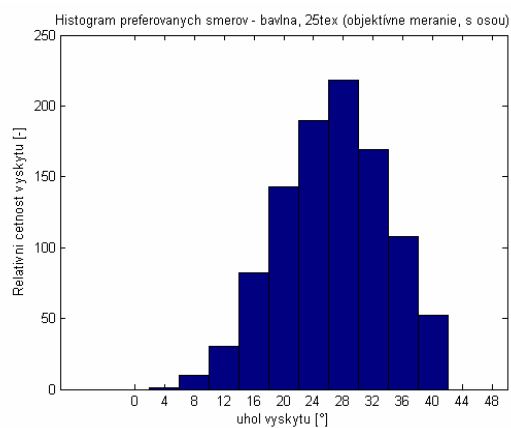
a) subjektívne meranie, bez osy



b) subjektívne meranie, s osou

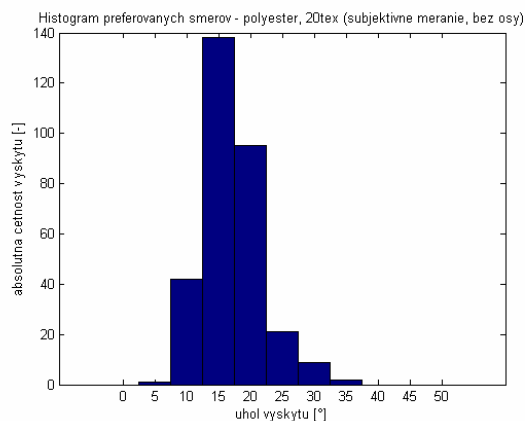


c) objektívne meranie, bez osy

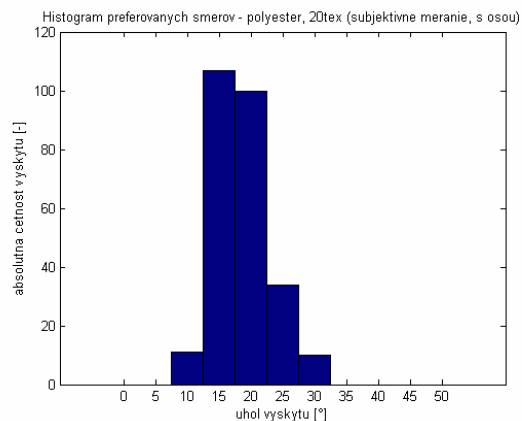


d) objektívne meranie, s osou

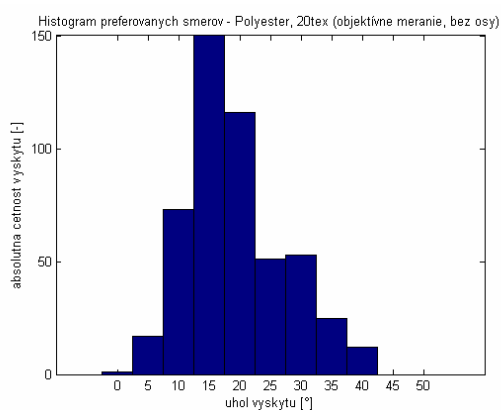
Obr. 9: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien –polyester, 20tex



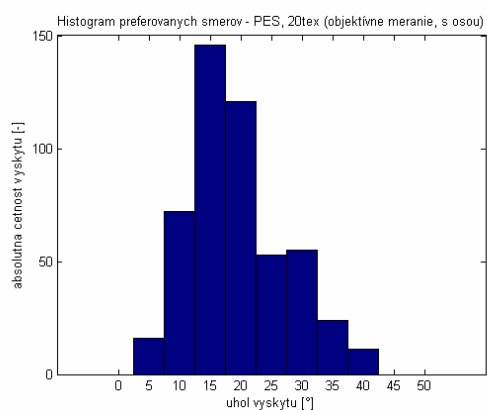
a) subjektívne meranie, bez osy



b) subjektívne meranie, s osou

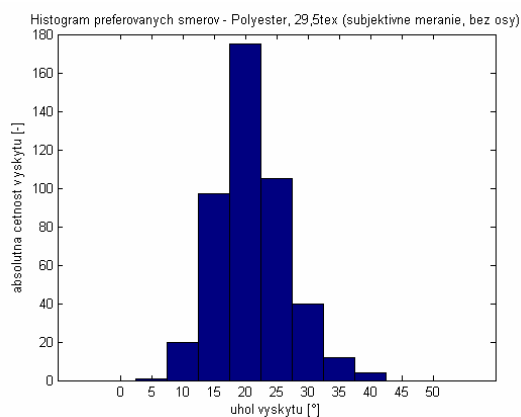


c) objektívne meranie, bez osy

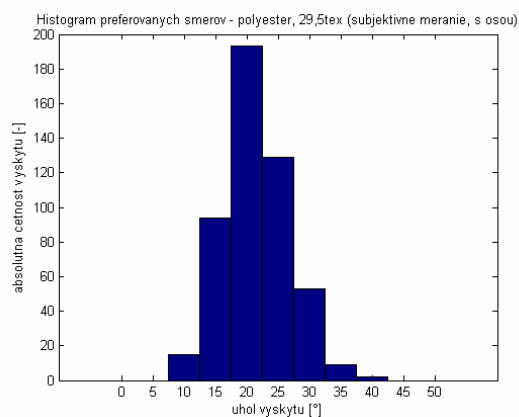


d) objektívne meranie, s osou

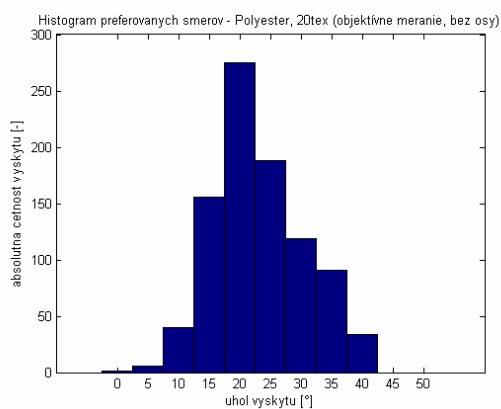
Obr. 10: Histogramami preferovaných smerov uhlov sklonu povrchových vlákien – polyester; 29,5tex



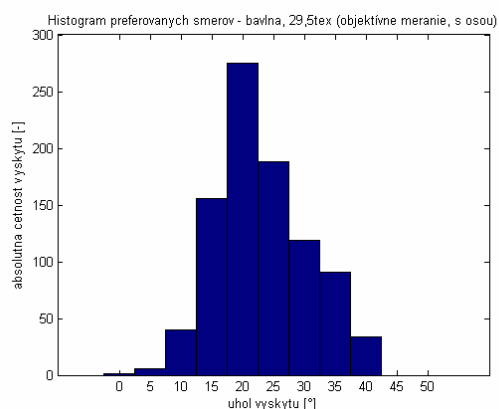
a) subjektívne meranie, bez osy



b) subjektívne meranie, s osou



c) objektívne meranie, bez osy



d) objektívne meranie, s osou